
BACHELORARBEIT

Herr
Maximilian Böhme

**Workflow einer 3D-Live-Produktion
und Optimierungsmöglichkeiten für
die Zukunft am Beispiel einer
Fußballübertragung**

2013

BACHELORARBEIT

Workflow einer 3D-Live-Produktion und Optimierungsmöglichkeiten für die Zukunft am Beispiel einer Fußballübertragung

Autor:
Herr Maximilian Böhme

Studiengang:
Medientechnik

Seminargruppe:
MT08wF-B

Erstprüfer:
Herr Prof. Christof Amrhein

Zweitprüfer:
Frau M.Sc. Rika Fleck

Einreichung:
Mittweida, 23.07.2013

BACHELOR THESIS

Workflow of a 3D live production and optimization possibilities for the future on an example of a soccer broadcast

author:

Mr. Maximilian Böhme

course of studies:

Bachelor of Engineering

seminar group:

MT08wF-B

first examiner:

Mr. Prof. Christof Amrhein

second examiner:

Mrs. M.Sc. Rika Fleck

submission:

Mittweida, 23.07.2013

Bibliografische Angaben:

Böhme, Maximilian:

Workflow einer 3D-Live-Produktion und Optimierungsmöglichkeiten für die Zukunft am Beispiel einer Fußballübertragung

Workflow of a 3D live production and optimization possibilities for the future on an example of a soccer broadcast

2013 - 63 Seiten

Mittweida, Hochschule Mittweida (FH), University of Applied Sciences,
Fakultät Medien, Bachelorarbeit, 2013

Abstract

Diese Bachelorarbeit befasst sich mit dem Arbeitsablauf einer 3D-Live-Produktion einer Fußballübertragung. Es wird auf die Grundlagen der Stereoskopie eingegangen sowie auf die erforderlichen technischen Systeme. Des Weiteren wird ein Überblick über das Zusammenspiel der einzelnen Gewerke und die Anforderungen an die Bildgestaltung im Vergleich zu 2D-Produktionen gegeben. Im Hinblick auf die technologischen Fortschritte beschreibt diese Arbeit verschiedenen Optimierungsmöglichkeiten für die Zukunft.

Inhaltsverzeichnis

Abstract.....	IV
Abkürzungsverzeichnis.....	VII
Abbildungsverzeichnis.....	VIII
1 Einleitung.....	1
1.1 Zielsetzung.....	1
1.2 Über den Autor.....	1
2 Stereoskopische Aufnahmen.....	2
3 Technische Grundlagen.....	4
3.1 Kamera-und Übertragungstechnik.....	4
3.2 Objektive.....	6
3.2.1 Festbrennweiten.....	6
3.2.2 Zoom-Objektive.....	7
3.3 3D- Rigs.....	9
3.3.1 Side- by- Side-Rigs.....	10
3.3.2 Mirror-Rigs.....	11
3.3.3 Chipkamera-Rigs.....	12
3.4 Stereoskopischer Bildprozessor.....	13
3.5 Bildtechnik.....	16
3.6 Bildmischer.....	17
3.7 Stereoskopische Aufzeichnungsmedien.....	18
3.7.1 Videoserver.....	18
3.7.2 Optische Aufzeichnungsmedien.....	19
3.8 Stereoskopische Bildformate.....	19
3.8.1 Farbkodierung.....	20
3.8.2 Örtliches Multiplexing.....	20
3.9 Wiedergabesysteme.....	24
3.9.1 Farbige Anaglyphen.....	24
3.9.2 Polarisationsfilter.....	24
3.9.3 Shutterbrillen-Verfahren.....	25
3.9.4 Interferenzfilter.....	27

3.9.5 Autostereoskopie.....	27
4 Gestaltungsaspekte einer 3D-Live-Produktion am Beispiel einer Fußballübertragung.....	29
4.1 Bildgestaltung.....	29
4.2 Positionierung der Kameras im Stadion.....	30
5 Workflow einer 3D-Liveproduktion.....	37
5.1 Technischer Leiter/ Übertragungswagenleiter.....	37
5.2 3D-Bildtechniker	37
5.3 Stereographer/ 3D-Techniker.....	38
5.4 3D-Supervisor.....	40
5.5 Aufnahmeleitung.....	41
5.6 Regisseur.....	41
5.7 Kameramänner/frauen.....	42
5.8 Slow-Motion-Operatoren.....	43
6 Optimierungsmöglichkeiten für die Zukunft.....	44
6.1ameratechnik.....	44
6.2 Stereographie.....	46
6.3 4K-Technologie.....	47
6.4 Wiedergabesysteme.....	48
7 Fazit.....	49
Literaturverzeichnis.....	X
Eigenständigkeitserklärung.....	XIII

Abkürzungsverzeichnis

BNC

... "Bayonet Neill Concelman" Koaxiale Steckverbindung

CCU

... "Camera Control Unit" Basiseinheit eines Kamerazuges

HD1080/50i

... High Definition-Format im Zeilensprungverfahren mit 1080 Zeilen

HD1080/50p

... High Definition-Format im Vollbildverfahren mit 1080 Zeilen

HD720p

... High Definition-Format im Vollbildverfahren mit 720 Zeilen

HDFA

... Dual Channel HD Fibre Optic Transmission Adaptor

MPE

... Multi-Image-Processor

SD

... Standard Definition

SDI

... "Serial Digital Interface" Digitale Schnittstelle zur Übertragung von unkomprimierten und unverschlüsselten Videodaten

Stereo 3D

... Stereoskopische Dreidimensionalität

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Entstehung des Konvergenzpunktes, Quelle: http://herr-der-ringe-film.de ..	3
Abbildung 2: Vorderansicht einer CCU 1500R von Sony.....	6
Abbildung 3: seitliche Ansicht eines HDFA-200.....	7
Abbildung 4: 3D Bridge-Kabel.....	8
Abbildung 5: Side-by-Side Rig von element technica.....	10
Abbildung 6: Side-by-Side-Rig von element technica.....	11
Abbildung 7: Mirror Rig von element technica.....	12
Abbildung 8: Chipkamera Side-by -Side-Rig von LMP.....	13
Abbildung 9: Anwendungsmöglichkeit für eine MPE-200 (videodata.de).....	14
Abbildung 10: Vorderansicht einer MPE-200 von Sony (videodata.de).....	15
Abbildung 11: Differenzbild eines Stereokamerapärchens.....	16
Abbildung 12: Ansicht einer RCP 1500/U von Sony (videodata.de).....	17
Abbildung 13: Ansicht eines DVS-7000 Panels von Sony (sony.net).....	18
Abbildung 14: Vorderansicht eines XT-3 Videoservers von EVS.....	19
Abbildung 15: Vorderansicht eines optischen Aufzeichnungsmediums, diePMW-1500 von Sony.....	20
Abbildung 16: Anaglyph- Bild http://www.hdtv-forum.ch	21
Abbildung 17: zwei Unterarten des örtlichen Multiplexing.....	22
Abbildung 18: Line-by-Line-Multiplex.....	22
Abbildung 19: Checkerboard Multiplexing http://lokomotive-gruental.com	23
Abbildung 20: Zeitliches Multiplexing gamestar.de	23
Abbildung 21: Zeitliches Multiplexing gamestar.de	24

Abbildung 22: Shutterbrillen- Verfahren http://www.chip.de	26
Abbildung 23: Linsenrasterverfahren www2.cs.uni-paderborn.d	28
Abbildung 24: 3D-Steadycam im Einsatz http://www.live-production.tv	33
Abbildung 25: Polecam mit Chipkamerarig http://www.live-production.tv	34
Abbildung 26: 3D Kamerainfrastruktur einer Fußballübertragung.....	35
Abbildung 27: Stereograph beim Justieren eines Side-by-Side-Rigs http://www.live-production.tv	38
Abbildung 28: Arbeitsplatz eines Stereographen http://www.live-production.tv	40
Abbildung 29: Regisseur an seinem Arbeitsplatz http://www.live-production.tv	42
Abbildung 30: Kameramann bei der Arbeit http://www.film-tv-video.de	43
Abbildung 31: Slow Motion Operator bei der Arbeit http://www.live-production.tv	43
Abbildung 32: seitliche Ansicht einer PMW TD-300 von sony http://urbanfoxtv.blogspot.de	45
Abbildung 33: Verhältnismäßigkeiten der gängigen Bildformate http://i-cdn.apartment-therapy.com	48

1 Einleitung

Am 4.März 2010 wurde in Deutschland Fernsehgeschichte geschrieben. In der „BayArena“ in Leverkusen wurde die erste 3D-Live-Übertragung eines Fußballspiels realisiert.¹

Welche Anforderungen werden im Vergleich zu 2D-Produktionen an die jeweiligen Gewerke gestellt? Inwieweit unterscheidet sich der Ablauf einer Produktion zu herkömmlichen Fußball-Live-Übertragungen? Welche Kenntnisse und zusätzlichen Systeme werden benötigt um eine 3D-Liveproduktion zu realisieren? Diese und andere Fragen werden in den nachfolgenden Kapiteln bearbeitet und an praktischen Beispielen erklärt.

1.1 Zielsetzung

Diese Arbeit beschreibt den Produktionsablauf einer 3D-Liveproduktion unter Betrachtung der technischen Voraussetzung an Stereo 3D, die Gestaltungsmöglichkeiten und die Arbeitsabläufe der einzelnen Gewerke. Sie gibt zudem einen Ausblick wie 3D-Liveübertragungen in Zukunft weiter optimiert werden können unter Berücksichtigung des technologischen Fortschritts.

1.2 Über den Autor

Maximilian Böhme wurde am 27.08.1984 geboren. 2005 beendete er seine Schullaufbahn mit einem Fachabitur in Kartographie und Landkartentechnik. Im Anschluss schloss er erfolgreich eine Ausbildung zum Mediengestalter Bild/Ton bei Studio Berlin ab. Seit 2008 studiert er Medientechnik an der Hochschule Mittweida. Seit 2011 arbeitet er als Stereograph und 3D-Techniker sowie als Bildtechniker bei „TopVision“. Während der Arbeit bei 3D-Live-Produktionen sammelte er fundierte Erkenntnisse in Stereo 3D.

¹ Vgl. (Sky10a)

2 Stereoskopische Aufnahmen

Im Allgemeinen entsteht die stereoskopische Wahrnehmung durch perspektivisch leicht versetzten Bildern, die bei der Wiedergabe dem jeweiligen Auge zur gleichen Zeit und separiert präsentiert werden. Durch dieses Verfahren kann auf einer zweidimensionalen Oberfläche eine räumliche Tiefe erzeugt werden.²

Disparität

Die Disparität oder auch horizontale Parallaxe ist die relative Position der Abbildungen eines Objektes in einem stereoskopischen Kamerabild. Legt man das linke und rechte Bild übereinander, so kommt es je nach Entfernung des abgebildeten Objektes zu unterschiedlichen horizontalen Versatz. Die Richtung des Versatzes legt fest ob der Betrachter das Objekt im Bild vor der Bildfläche oder dahinter wahrnimmt. Man unterscheidet hier die positive und die negative Parallaxe.³

Stereobasis

Die Stereobasis wird auch als interaxialer oder interokularer Abstand der Kameras zueinander bezeichnet.

Der interaxiale Abstand legt fest wie viel Intensität des Tiefeneffekts stereoskopisch wahrgenommen wird. Um so größer die Stereobasis um so größer die Tiefenwahrnehmung. Durch verkleinern der Stereobasis wird die Gesamttiefe gestaucht. Ist die interaxiale Abstand gleich null, so ist die Tiefenwahrnehmung nicht mehr vorhanden. Das stereoskopischen Bild wirkt zweidimensional.

Um den Betrachter eine angenehme Tiefenwahrnehmung zu bieten, sollte die Stereobasis so gewählt werden, das sie der tatsächlichen Tiefe der realen Welt entspricht, andernfalls wirkt ses auf den Betrachter unwirklich.⁴

2 Vgl. (Tau10a)

3 Vgl. (Tau10b)

4 Vgl. (Tan10c)

Konvergenz

Der Konvergenzpunkt legt fest wo sich die Bildschirmfläche oder Nullebene befindet. Stehen die Kamerapärchen parallel zueinander so befindet sich der komplette Bildinhalt vor der Bildschirmfläche. Wenn man erzielen möchte, dass sich Objekte auf der Bildschirmfläche oder dahinter befinden, so muss die Möglichkeit geschaffen werden die Kameras zueinander konvergieren zu lassen. Dadurch entsteht eine Überschneidung der beiden optischen Achsen. Dieser Punkt weist keine Disparität auf und befindet sich somit auf der Bildschirmfläche.⁵

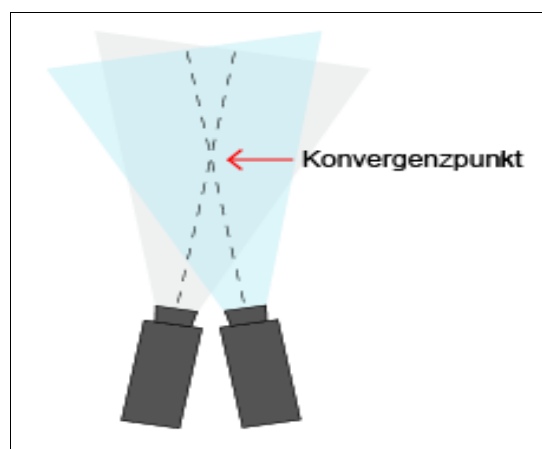


Abbildung 1: Entstehung des Konvergenzpunktes,
Quelle: <http://herr-der-ringe-film.de>

Alle Objekte, die sich vor dem Konvergenzpunkt befinden, werden durch den Betrachter vor der Bildschirmfläche wahrgenommen. Dementsprechend werden alle Objekte dahinter hinter der Bildschirmfläche wahrgenommen. Wenn man auf das dem Objektiv naheliegende Objekt konvergiert befinden sich alle übrigen Objekte hinter der Bildschirmfläche. Die Methode weist aber auch Nachteile auf. Lässt man die Kameras zueinander konvergieren legt man die Nullebene fest, die im Nachhinein, also in der so genannten Postproduktion nicht mehr verändert werden kann. Ein zweiter Nachteil ist der so genannte Keystoning-Effekt. Bei zueinander konvergierenden Kameras kommt es zu trapezförmigen Verzerrungen, die in den Bildecken ungewollte Tiefe erzeugen können und die Betrachtung eventuell erschweren.

⁵ Vgl. (Tau10d)

3 Technische Grundlagen

3.1 Kamera-und Übertragungstechnik

Wenn man 3D „live“ oder „live on tape“ produzieren möchte, müssen viele Dinge beachtet werden. Grundlegend ist zu sagen, dass man eine Infrastruktur schaffen muss, die einer mobilen Regie oder einem Übertragungswagen, kurz Ü-Wagen, gleicht. Es sollte einen zentralen Punkt geben, in dem alle Signale zusammenlaufen. Ähnlich wie bei 2D-Produktionen müssen alle Kameras mit einer Referenz versorgt werden, damit sie im Takt laufen. Die Kamerasignale sollten wenn möglich an einer Kreuzschiene anliegen um sie an die jeweiligen Gewerke zu verteilen. Ein Intercom-System muss in die Infrastruktur eingebunden werden, damit die Kommunikation der ausführenden Gewerke vor und während der Produktion gewährleistet ist. Ebenso sollte ein Bildmischer zur Verfügung stehen, der eine 3D-Option besitzt, die dem Anwender erlaubt eine Taste auf der Hauptmischebene mit zwei übereinander liegenden Signalen zu koppeln („left eye“ und „right eye“). Dieser Bildmischer muss auch in der Lage sein das 3D-Bild in verschiedenen Formaten auszugeben (siehe Kapitel 3.8. Stereoskopische Bildformate)

Es darf nicht zur Diskussion stehen ob man 3D eventuell aus Kostengründen in SD produziert. Auch HD720p sollte wenn möglich vermieden werden, da durch das Polarisations- oder Shutter-Verfahren (siehe Kapitel 3.9. Wiedergabesysteme) am Empfangsgerät die Bildschirmauflösung abnimmt. Der momentane Aufzeichnungsstandard bei 3D-Live-Produktionen ist HD1080/50i. HD1080/50p ist nach heutigem Stand zwar nicht unmöglich umzusetzen, jedoch bedarf es einen enormen Material- und somit auch Kostenaufwand. Beispielsweise ist es nicht möglich nach heutigem Stand zwei HD1080/50p Signale über ein Kabel zu realisieren, somit müsste man pro 3D-Kamerasystem zwei CCU's bereitstellen, da man die Kamerasignale für „left eye“ und „right eye“ separat übertragen müsste.

Auch bei HD1080/50i sollte eine Möglichkeit geschaffen werden, die Signale der jeweiligen Kamerapärchen wenn möglich über ein Kabel zu übertragen. Sicherlich ist es auch hier möglich die beiden Kamerasignale für das linke und das rechte Auge separat zu übertragen, man sollte dabei aber bedenken, das je nach Entfernung der Kamera beispielsweise zum Ü-Wagen ein Triax- oder ein Glasfaseradapter an der Kamera von Nöten ist um eine saubere Signalübertragung über längere Distanzen zu ermöglichen. Für jedes Triax- oder Glasfaserkabel muss eine CCU bereitgestellt werden.



Abbildung 2: Vorderansicht einer CCU 1500R von Sony, Quelle:
<http://sp.sony-europe.com>

Grundsätzlich gibt es zwei Möglichkeiten zwei HD1080/50i Signale über ein Kabel zu übertragen. Bei professionellen Kameras der neuen Generation wie z.B. die HDC-1500R von Sony besteht die Möglichkeit zwei Kameras miteinander über ein BNC Kabel zu koppeln und eine Kamera in den „Trunk-Line“ Betrieb zu versetzen. Diese Kamera kann ihr eigenes Bildsignal und ein zweites Bildsignal über ihren Triax- oder Glasfaseradapter übertragen.

Eine zweite Möglichkeit ist das Implementieren eines Interface zwischen den beiden Kameras und der CCU. Der HDFA-200 von Sony ist ein solches Interface. Dieser kombiniert die 1,5-Gigabit-Signale zweier HDC-P1- oder HDC-1500R-Kameras in einer 3-Gigabit-fähigen Glasfaseranbindung. Die Kombination aus HDC-P1 und HDFA-200 ist die kostengünstigere Variante, da diese Kamera nur über eine vergleichsweise „rudimentäre“ Ausstattung verfügt. Sie besitzt beispielsweise keine Triax- oder Glasfaseradapter. Auch viele Einstellungsmöglichkeiten und die 3Gigabit-Fähigkeit sind hier nicht vorhanden wie bei der HDC-1500R-Kameras.



Abbildung 3: seitliche Ansicht eines HDFA-200 von Sony, Quelle:
<http://sp.sony-europe.com>

Allerdings werden diese Funktionen in Verbindung mit einem HDFA-200 nicht benötigt. Auch die leichte und kompakte Bauweise wirkt sich positiv, wie z.B. bei der Justage des 3D-Rigs, aus.

3.2 Objektive

Grundlegend ist zu klären in welcher Form man stereoskopisch produzieren möchte. Sollte es ausreichen Kameras bzw. Objektive mit einer Festbrennweite zu verwenden ist der technische Aufwand wesentlich geringer als bei einer Produktion mit Zoom-Objektiven.

3.2.1 Festbrennweiten

3D-Produktionen mit Festbrennweiten haben den Nachteil, dass der Bildausschnitt nur vertikal und horizontal durch Schwenken der Kamera verändert werden kann. In beiden Varianten, ob Festbrennweite oder Zoom-Objektiv muss eine Synchronisierung der beiden Objektive untereinander gewährleistet sein.

Im Fall von Festbrennweiten-Objektive ist für einen reibungslosen Ablauf einer Produktion im Außenbereich jediglich die Synchronisierung der Blende, der Schärfe, sowie der Austausch der Metadaten von Nöten. Durch die stetig wechselnden Lichtverhältnisse muss die Blende und der Farbbereich der

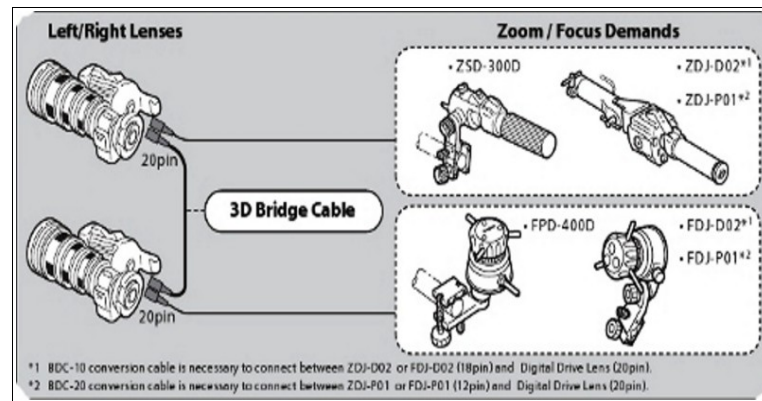


Abbildung 4: Anwendung eines 3D Bridge-Kabel, Quelle:

<http://canon.com>

Kameras (Matching) ständig verändert werden. Die Synchronisierung sollte „Clutchless“, also augenscheinlich synchron, verlaufen.

Das wird ermöglicht durch ein so genanntes „Bridge-Kabel“ welches über die Remote-Buchsen der Objektive untereinander verbunden wird.

Eine elektronische Anpassungsmöglichkeit der Schärfe sollte in der Software der Objektive implementiert sein, da die Fokusringe der Objektive augenscheinlich synchron laufen, jedoch bei einem genauen Vergleich der Bilder, beispielsweise im Suchermonitor als Splitscreen, Unterschiede aufweisen. Dieser Tatsache liegen zwei Faktoren zu Grunde. Die Objektive haben nicht den exakten Abstand zum scharfgestellten Objekt oder es handelt sich um Fertigungstoleranzen. Dem kann man entgegenwirken indem man die Objektive manuell aneinander anpasst. Mit dieser Funktion legt man fest an welchem Punkt beide Objektive maximal scharf sind. Dieser Punkt dient dann als Bezugspunkt für die Synchronisierung.

Ein mechanisches 3D-Rig ist auch hier von Nöten. Man sollte die Möglichkeit haben, die Stereobasis und die Konvergenz mechanisch verändern zu können.

3.2.2 Zoom-Objektive

Die größte Herausforderung bei einer 3D-Live-Produktion stellt das Arbeiten mit Zoom-Objektiven dar. Objektive haben die Eigenschaft, bei einer Veränderung der Brennweite ihren Zentrierungspunkt zu verlieren.

Je nach Justage des Objektives an den „Mount“ der Kamera, kann der Bildausschnitt sich in jede Richtung verschieben. Diese Abweichungen würden bei dem Einsatz eines Objektives, also bei 2D, nicht ins Gewicht fallen.

Jedes Objektiv hat aber durch Fertigungstoleranzen einen anderen „Zoom-Verlauf“. Im besten Fall weichen die Kurven der beiden Objektive nur minimal von einander ab. Dieser Unterschied kann durch einen stereoskopischen Bildprozessor, wie z.B. die MPE-200 von Sony problemlos ausgeglichen werden, einen Verlust der maximalen Auflösung von HD1080/50i muss dabei aber in Kauf genommen werden.

Im schlimmsten Fall bewegt sich die „Zoom-Verlaufskurve“ aber entgegen gesetzt. Ein stereoskopischer Bildprozessor kann diesen Unterschied durch das elektronische Verschieben der beiden Kamerabilder in einem gewissen Grad korrigieren.

Zu einem Zeitpunkt, wo man durch die elektronische Einwirkung von einem sichtbaren Auflösungsverlust spricht ist diese Tatsache nicht mehr hinnehmbar. Das stereoskopische Kamerabild würde nicht mehr zu den anderen 3D-Kamerasystemen passen und wäre somit unbrauchbar. In diesem Fall ist eine mechanische Neujustierung des Objektives an der Kamera über den Befestigungs-Mount dringend erforderlich. Hierbei werden die Schrauben am Befestigungsring des Objektives gelöst und das Objektiv wird auf den Mount wieder aufgesetzt. Innerhalb des Mounts entsteht durch die gelösten Schrauben ein „Spiel“ mit dem man durch Drücken oder leichtem Hämmern (mit Gummihammer) entgegengesetzt ihres Zoom-Verlaufes ausrichtet. Ist dies gelungen, muss das Objektiv vorsichtig von der Kamera genommen werden. Danach werden die Schrauben wieder fixiert. Dieser Prozess muss eventuell wiederholt werden, bis man zu dem gewünschten Ergebnis kommt.

Die Clutchless- Synchronisierung der Objektive muss auch hier, ähnlich wie bei der Arbeit mit Festbrennweiten, gewährleistet sein. Ein wichtiger Parameter der in diesem Fall hinzu kommt ist die Brennweite. Hierbei fallen die kleinsten Abweichungen der Objektive wesentlich mehr ins Gewicht als bei der Blende oder dem Fokus.

Eine Abweichung der Brennweitensynchronisierung hat einen Unterschied der Bildausschnitte der beiden Kamerabilder zur Folge, welches den 3D-Effekt stark beeinträchtigen kann. Abhilfe schafft auch hier eine elektronische Anpassung im Objektivmenü.

Die zweite Herausforderung die sich bei einer Produktion mit Zoom-Objektiven stellt, ist die Veränderung des Konvergenzpunktes durch die Brennweitenveränderung. Abhilfe schaffen dabei so genannte 3D-Rigs, die die Möglichkeit bieten die Basis und Konvergenz der beiden Kameras mechanisch zu verändern. Im besten Fall können diese 3D-Rigs aus der Ferne angesteuert werden.

3.3 3D- Rigs

Es muss eine Möglichkeit geschaffen werden zwei Kameras so zueinander anzuordnen, dass man sie aufeinander abgleichen kann. Diese Möglichkeit bietet ein so genanntes 3D-Rig.

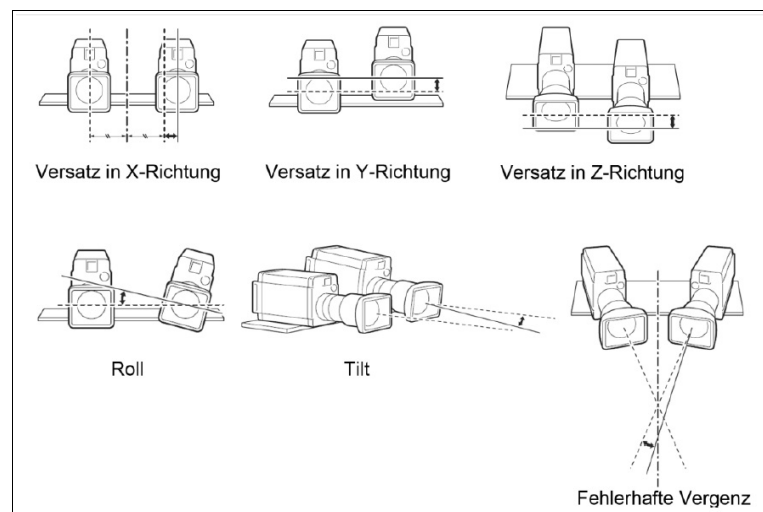


Abbildung 5: Justagemöglichkeiten eines 3D-Rigs, Quelle:<http://3ality-technica.com>

Im Idealfall sollte es zu keinem visuellen Unterschied kommen, wenn man die Kameras durch den Interaxialabstand und der Konvergenz übereinander legt.

Um das zu gewährleisten muss ein 3D-Rig die Möglichkeit bieten die Kameras in x-y-und z-Richtung zueinander zu verändern, sowie die Justage von „Roll“ und „Tilt“ möglich zu machen (siehe Abbildung 5). Wurde das Rig einmal justiert, sollte es sich wenn möglich nicht mehr verändern. Viele 3D-Rigs bieten die Möglichkeit das System mit Schrauben zu fixieren.

Grundsätzlich unterscheidet man bei 3D-Rigs zwischen Side-by-Side und Mirror-Rigs (Spiegel-Rigs). Side-by-Side-Rigs (Parallel-Rigs) werden in der Regel verwendet, wenn der minimale Abstand Objektiv zu Motiv weit entfernt ist. Spiegel-Rigs kommen dann zum Einsatz, wenn minimale Abstand zwischen Objektiv und Motiv circa 2 Meter beträgt.

3.3.1 Side- by- Side-Rigs



Abbildung 6: Side-by-Side-Rig von element technica, Quelle:
<http://live-production.tv>

Bei dem so genannte Parallel-Rig oder Side-by-Side-Rig werden die beiden Kameras auf eine horizontale einstellbare Schiene montiert. Mit diesem Rig-System sind nur größere interokulare Distanzen möglich, daher eher für Landschaftsaufnahmen oder totale Einstellungen, beispielsweise im Stadion geeignet. Sie sind aber vergleichsweise kostengünstiger und einfacher zu justieren als Spiegel-Rigs.

3.3.2 Mirror-Rigs



Abbildung 7: Mirror-Rig von element technica, Quelle: <http://urbanfox.tv>

Mit Mirror-Rigs hat man die Möglichkeit, das 3D-Kamerasystem sehr nahe am Geschehen zu platzieren. Sie werden bei Fußballübertragungen meist am Spielfeldrand platziert. Diese komplexe Bauform macht es möglich den interokularen Abstand bis auf wenige Millimeter oder gar auf null zu reduzieren. Damit ist es möglich auf ein Objekt zu konvergieren, welches sich nur unweit vom 3D-Rig befindet, ohne dabei die Disparität im Hintergrund für den Zuschauer unnatürlich aussehen zu lassen.

Der Trick an diesem Aufbau ist ein halb-durchlässiger Spiegel, der das Licht auf der einen Seite in nahezu gleichen Teilen durchlässt bzw. auf der anderen Seite reflektiert. Der Spiegel sollte in einem 45° zur optischen Achse der beiden Kameras positioniert sein. Das Kamerabild der unteren Kamera muss in diesem Fall (siehe Abbildung 7) um 180° gedreht werden, welches im Systemmenü des HDFA-200 ohne Weiteres möglich ist.

Der Nachteil hierbei ist die etwas wuchtige Bauform und die höhere Anfälligkeit unfreiwilliger Dejustage, wie z.B. ein Balltreffer während der Übertragung. Meist ist es jedoch möglich den Spiegel ähnlich wie das Rig mit Schrauben zu fixieren um Dejustagen zu vermeiden.

Ein weiterer Nachteil sind die ungewollten Lichtreflexionen, die durch den Spiegel einher gehen können.

Des Weiteren ist man beim Vertikalschwenk stärker eingeschränkt, da es dazu führen kann, dass die Kamera am Stativ anstößt und dies eine Dejustage zur Folge haben könnte. Eine Montage der Right-Eye-Kamera von oben kann hier Abhilfe schaffen.

3.3.3 Chipkamera-Rigs



Abbildung 8: Chipkamera-Rig im Einsatz, Quelle: <http://live-production.tv>

Für statische 3D Aufnahmen ist es meist von Vorteil Festbrennweiten-Objektive zu nutzen. Möchte man ein statisches Kamerasystem nah am Objekt positionieren, wie z.B. hinter einem Tor bei einer Fußballübertragung eignen sich Chipkameras. Durch ihre kleine und kompakte Bauweise ist ein interokularer Abstand von wenigen Millimetern gewährleistet. Am Beispiel eines LMP-Chipkamera-Rigs werden die Kameras parallel auf einer Schiene angebracht. Das Rig-System macht es möglich den interokularen Abstand, die Konvergenz sowie „Tilt“ und „Roll“ mechanisch zu verändern.

Übliche Chipkamera-Objektive neigen dazu an den Rändern unregelmäßig zu verzerren. Es ist hierbei unabdingbar die Kamerasignale mit einem stereoskopischen Bildprozessor siehe (3.4. Stereoskopischer Bildprozessor) zu verbinden um dem entgegen zu wirken.

3.4 Stereoskopischer Bildprozessor

Für eine technisch einwandfreie 3D-Live-Produktion ist der Einsatz von stereoskopischen Bildprozessoren (z.B. MPE-200) sehr zu empfehlen. Unregelmäßigkeiten der Kamerabilder wie, z.B. Keystoning oder axiale Unterschiede können mithilfe eines solchen Prozessors gemindert oder beseitigt werden.



Abbildung 9: Anwendungsmöglichkeit für eine MPE-200, Quelle: <http://videodata.de>

Der Bildprozessor von Sony besitzt zwei BNC-Eingänge für die Signale der Kamerapärchen.

Des weiteren sind vier Ausgangsbuchsen bereit gestellt, die korrigierten Kamerasignale werden über „Out1“ und „Out 2“ an die Bildmischeinheit angeschlossen. Über „Out 3“ und „Out 4“ werden HD-DI-fähige Monitore mit der MPE-200 verbunden.

Sie dienen zum einen für die Ansicht der Analysesoftware, so wie eine Stereoausgabe der Kamerapärchen um Disparitäten oder axiale Unterscheide beurteilen zu können.

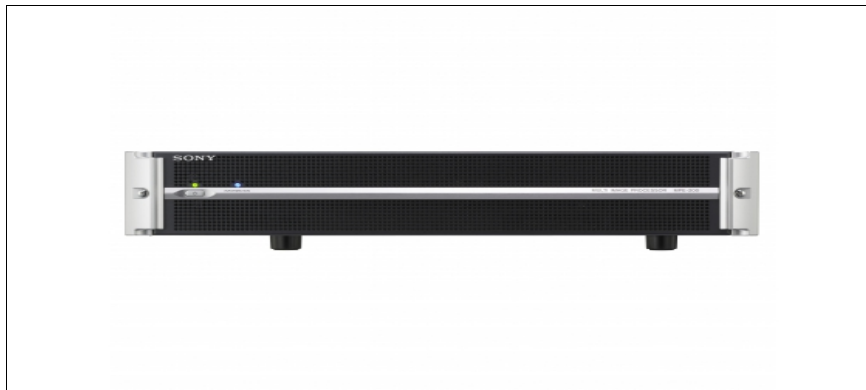


Abbildung 10: Vorderansicht einer MPE-200 von Sony,
Quelle: <http://videodata.de>

Die Oberfläche der Analysesoftware wird auf einem handelsüblichen PC/Laptop installiert und per Ethernet mit der MPE verbunden. Die Oberflächensoftware ist in der Lage bis zu 12 MPE's über ein Netzwerk anzusteuern.

Grundsätzlich kann man verallgemeinern, das jedes Stereokamerasystem mit einer MPE verbunden ist. Sie hat eine Vielzahl an Funktionen um etwaige Fertigungstoleranzen der Objektive oder eine ungenaue mechanische Justage des 3D-Rigs zu kompensieren.

Im Kapitel 3.2.2 Zoom-Objektive wurde bereits erwähnt, das jedes Objektiv einen von der Ideallinie abweichenden Zoomverlauf hat. Bei einem Stereokamerapärchen fällt dies besonders ins Gewicht, da es beim Zoomen dazu führen kann, das sich der Bildausschnitt der einen Kamera zur anderen entfernt. Abhilfe hierbei schafft die Funktion „Optical Alignment“ in der MPE-Software.

Der Anwender hat die Möglichkeit, bei abweichenden Bildausschnitten während des Zooms, diese elektronisch zu korrigieren. Erforderlich hierbei ist jedoch eine vorherige mechanische Anpassung der Objektive (siehe Kapitel 3.2.2 Zoomobjektive), da eine Anpassung durch die Software immer mit einem Auflösungsverlust einhergehen. Diese optische Korrektur wird durch so genannte Keyframes bewerkstelligt. Beim Abgleich der Objektive untereinander können diese Keyframes editiert werden um Differenzen der Objektive untereinander auszugleichen. Dieser korrigierte Zoomverlauf kann gespeichert werden und muss im Normalfall während der Produktion nicht mehr verändert werden.

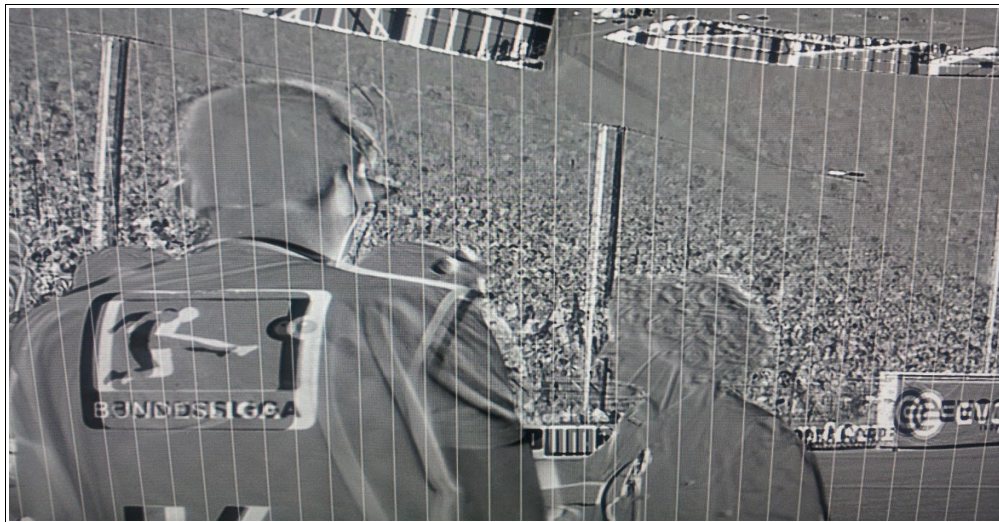


Abbildung 11: Differenzbild eines Stereokamerapärchens, Quelle: eigene Abbildung

Durch Fertigungstoleranzen kann ebenfalls ein so genanntes „Scaling“ auftreten. Dieser entsteht durch mechanisches „Spiel“ am Brennweitenring des Objektives. Dieser Fehler wird besonders sichtbar im Differenzbild (siehe Abbildung 11) der beiden Stereokamerapärchen. Das Differenzbild errechnet sich aus den monochromen Bildinhalten der „Left-Eye- Kamera sowie das invertierte monochrome Signal der „Right-Eye- Kamera. Auch hier kann die Software der MPE gewisse Toleranzen ausgleichen.

Ein häufiges Problem während einer Produktion ist der so genannte „Vertical“. Durch Temperaturschwankungen und Dejustage durch einen Balltreffer können sich die Kameras vertikal zueinander verschieben.

Die Augen des Betrachters folgen diesem vertikalen Versatz und nehmen eine unnatürliche Stellung ein um den stereoskopischen Effekt aufrecht zu erhalten. Der „Vertical“ wird in der MPE in Pixel angegeben. Bis zu einem gewissen Grad kann er diesen mit Hilfe der „Combination“-Funktion elektronisch ausgleichen, was aber auch ein Auflösungsverlust zur Folge hat.

Das so genannte Keystoning welches bei nahezu jedem Objektiv auftritt, kann durch Veränderung gewisser Parameter in der Software gemindert werden.

Eine Fernsteuerung des Rigs sollte in jeder Infrastruktur einer 3D-Live-Produktion vorgesehen sein. Die MPE ist in der Lage dieses Steuersignal zu empfangen bzw. zu senden. Das Steuersignal wird mit Hilfe einer Kabelverbindung zwischen 3D-Rig und HDFA an die CCU gesendet. Die ethernet-fähige CCU leitet das Steuersignal in die MPE weiter. Nach der Verifizierung des Rig-Herstellers und des Rig-Typs (Spiegel- oder Parallel-Rig) ist die Oberflächensoftware am PC nun in der Lage den Interaxialabstand und Vergenz des Rigs fern zu steuern. Desweiteren ist die MPE zusätzlich in der Lage das Stereokamerabild elektronisch in Interaxialabstand und Vergenz zu steuern. Dieser Fall tritt ein wenn man mit 3D-Rigs arbeitet, die sich nicht fernsteuern lassen.

3.5 Bildtechnik

Parallel zur 3D- spezifischen Korrektur des Stereokamerabildes sollte die Möglichkeit bestehen die Kamerapärchen farblich aufeinander und mit anderen Stereokamerasystemen innerhalb der Infrastruktur abzugleichen (Matching).



Abbildung 12: Ansicht einer RCP 1500/U von Sony, Quelle:
<http://videodata.de>

Dies geschieht durch ein RCP. Anders als bei 2D-Produktionen muss darauf geachtet werden, dass das Matching innerhalb eines Stereokamerasystems harmonisch wirkt.

Hierzu ist eine Verkopplung des „Left-eye“-und „Right-eye“-Bildsignals unabdingbar. Der Anwender muss die Möglichkeit haben zwischen beiden Bildsignalen an einer RCP durchzuschalten, bis diese aufeinander abgeglichen sind. Nach diesem Arbeitsschritt erfolgt eine Verkopplung der beiden aufeinander abgeglichenen Bildsignale. Nun kann dieses Kamerapärchen mit anderen Kameras abgeglichen werden. Durch dieses Verfahren ist man auch in der Lage die Blende während der Produktion synchron zu steuern.

3.6 Bildmischer

Am Ende der Signalkette findet sich meist ein Bildmischer wieder, der alle Kamera,-Grafik und MAZ-Signale zusammenführt und sie abgemischt als Sendesignal ausgibt.

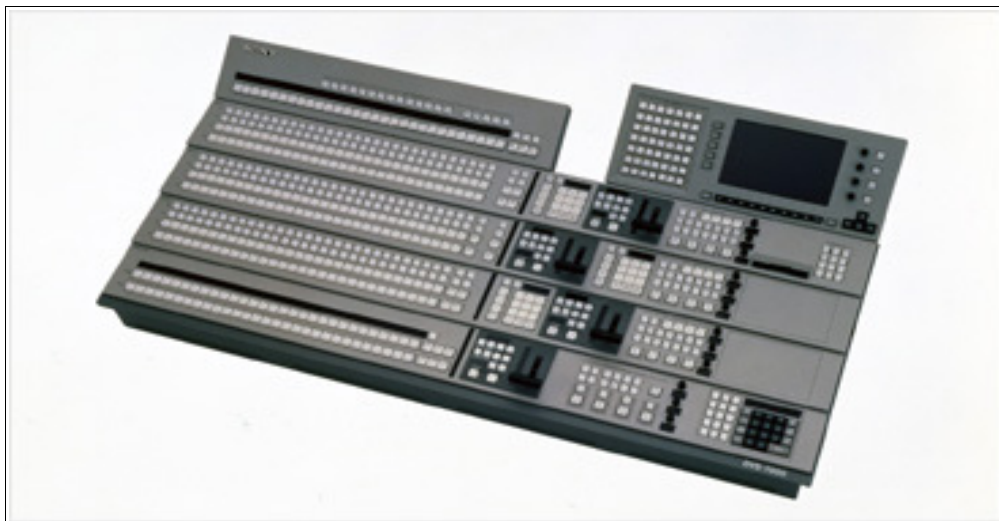


Abbildung 13: Ansicht eines DVS-7000 Panels von Sony, Quelle: <http://sony.net>

Voraussetzung an einen Bildmischer für eine 3D-Live-Produktion ist das Zusammenführen zweier Bildsignale zu Einem.

Des Weiteren sollte er die Funktion besitzen das abgemischte Signal getrennt über zwei Ausgänge so wie in verschiedenen stereoskopischen Bildformaten (siehe 3.8. Stereoskopische Bildformate) auszugeben.

3.7 Stereoskopische Aufzeichnungsmedien

3.7.1 Videoserver

Ein Videoserver ist ein Netzwerk- und EDV basiertes Aufzeichnungssystem im Broadcast-Bereich. Er verfügt meist über diverse Eingangs- und Ausgangssignale. Je nach Konfiguration ist er in der Lage ein anliegendes Eingangssignal permanent aufzuzeichnen bis die zugeteilte Partition der Festplatte voll ist. Danach wird die Festplatte erneut beschrieben.



Abbildung 14: XT-3 Videoserver von EVS, Quelle: <http://live-production.tv>

Für 3D-Liveproduktionen muss ein solcher Videoserver so konfiguriert sein, dass er zwei Videosignale synchron ansteuern kann. Während der Produktion kann er als Aufzeichnungsmedium aber auch für „Slow-Motion“-oder Wiederholungsaufnahmen genutzt werden. Diese können während der Aufzeichnung in den Live-Schnitt oder in die Post-Produktion eingefügt werden. Je nach Anzahl der Eingangs- und Ausgangssignale eines Videoservers kann dieser mehrere Stereokamerapärchen verarbeiten.

Videoserver deren Konfiguration für den Live-Schnitt relevant sind sollten am Bildmischer anliegen, damit der Bildmischer-Operator diese in den Schnitt einbinden kann.

3.7.2 Optische Aufzeichnungsmedien



Abbildung 15: Vorderansicht einer PDW-HD1500 von Sony, Quelle: <http://smehyl.com>

Eine zweite Aufzeichnungsmöglichkeit für Stereokamerasignale sind optische Aufzeichnungsmedien. Je nach Typ und Hersteller sind sie in der Lage verschiedene Stereoskopische Bildformate aufzuzeichnen (siehe 3.8. Stereoskopische Bildformate).

3.8 Stereoskopische Bildformate

Bei der Signalübertragung von Stereo-3D sollte innerhalb der Signalkette bis zum Aufzeichnungsmedium bzw. zum Sendesignal darauf geachtet werden den Signalaustausch so verlustfrei wie möglich zu halten. Dies ist jedoch nur möglich durch eine separate Übertragung der beiden Stereokamerasignale oder durch eine 3Gigabit-fähige Infrastruktur. Durch beide Varianten entstehen jedoch hohe Produktionskosten bzw. kann diese Datenübertragungsrate ab ein gewissen Punkt nicht mehr verarbeitet werden, da es an der nötigen Technologie fehlt. Nach heutigem Stand der Dinge ist es möglich dem Endverbraucher ein HD1080/50i Signal an die heimischen Empfangsgeräte zu liefern. Voraussetzung dafür ist ein kompatibles Empfangsgerät.

Hierzu muss man wissen, dass zwei HD1080/50i Signale die gleiche Signalübertragungsrate haben wie DD1080/50p. In Zahlen ausgedrückt hat ein 1080/50p Signal eine 3-Gigabit Übertragungsrate, folglich hat ein 1080/50i Signal eine Übertragungsrate von 1,5 Gigabit.

Man ist also in der Lage 1,5 Gigabit an den Endverbraucher zu senden. Da ein standardisiertes 3D-Stereokamerabild eine doppelte Übertragungsrate besitzt muss das Sendesignal so verlustfrei wie möglich komprimiert werden. Hierzu gibt es verschiedene Technologien die auf den folgenden Seiten beschrieben werden.

3.8.1 Farbkodierung

Dieses Verfahren findet heutzutage bei Fernseh- oder Filmproduktionen keine Verwendung mehr, da es eine sehr schlechte Farbwiedergabe aufweist. Der Vollständigkeit halber soll es aber hier nicht unterschlagen werden.



Abbildung 16: Anaglyph-Bild, Quelle: <http://hdtv-dorum.ch>

Die Teilbilder werden farblich kodiert und dann halbtransparent übereinander gelegt. Zur Betrachtung ist eine mit entsprechende mit Farbfiltern ausgestattete 3D-Brille notwendig. Der Vorteil hierbei ist die Erhaltung der vollen örtlichen Auflösung der Kamerabilder.⁶

⁶ Vgl. (Beid10a)

3.8.2 Örtliches Multiplexing

Bei diesem Verfahren werden die Teilsignale bis auf die Hälfte zusammengestaucht so das sie in einem regulären Bildformat untergebracht werden können. Zu beachten ist, dass bei der Wiedergabe beim Empfangsgerät ein entsprechendes Dekodierungs-Interface vorhanden sein muss. Dieses Multiplexing-Verfahren unterscheidet sich nochmals in 3 Unterarten.

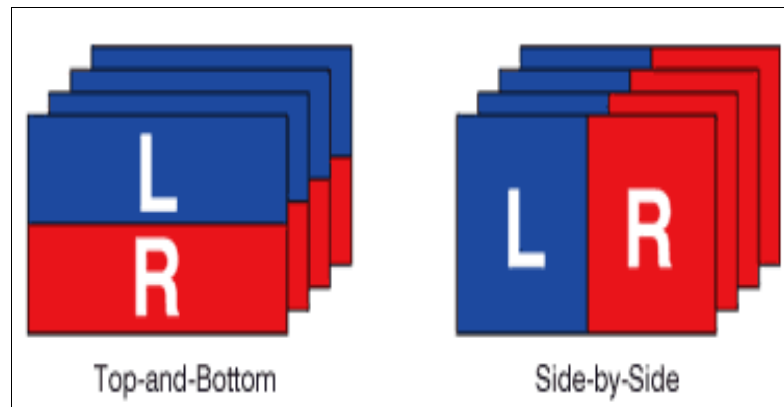


Abbildung 17: zwei Unterarten des örtlichen Multiplexing, Quelle:
Stereoskopische 3D-TV-Produktion im Studio und in der
Außenübertragung, Diplomarbeit Sebastian Beidatsch, 2010

Side-by-Side-Multiplex

Beim Side-by-Side-Multiplexing werden die Teilbilder horizontal gestaucht und nebeneinander positioniert. Durch diese Verfahren geht die Hälfte der horizontalen Auflösung verloren.⁷

Over-Under-Multiplex

Beim Over-Under-Verfahren werden die Teilbilder zur Hälfte in vertikaler Richtung gestaucht und übereinander positioniert. Hierbei geht die Hälfte der vertikalen Auflösung verloren.⁸

⁷ Vgl. (Beid10b)

⁸ Vgl. (Beid10c)

Line-by-Line-Multiplex

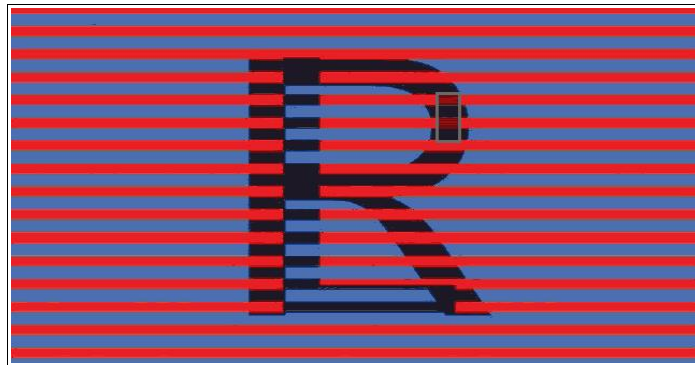


Abbildung 18: Line-by-Line-Multiplex, Quelle: Stereoskopische 3D-TV-Produktion im Studio und in der Außenübertragung, Diplomarbeit Sebastian Beidatsch, 2010

In diesem örtlichen Multiplexing-Verfahren werden die Teilbilder der linken Kamera in die ungeraden Zeilen und die Teilbilder der rechten Kamera in die geraden Zeilen eines Videosignals geschrieben. Auch hier wird die vertikale Auflösung halbiert.⁹

Checkerboard Multiplex

Bei diesem Verfahren wird abwechselnd Pixel für Pixel einem der zwei Teilbilder zugeordnet. Der Vorteil hierbei ist, dass sich der Auflösungsverlust horizontal und vertikal gleichermaßen verteilt.¹⁰

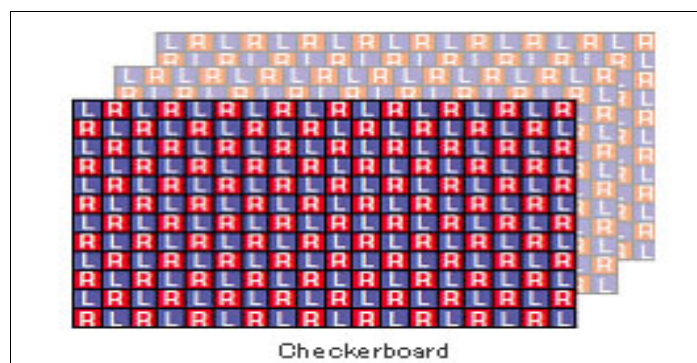


Abbildung 19: Checkerboard Multiplexing, Quelle: <http://lokomotive-gruental.com>

⁹ Vgl. (Beid10e)

¹⁰ Vgl. (Beid10e)

Zeitliches Multiplexing

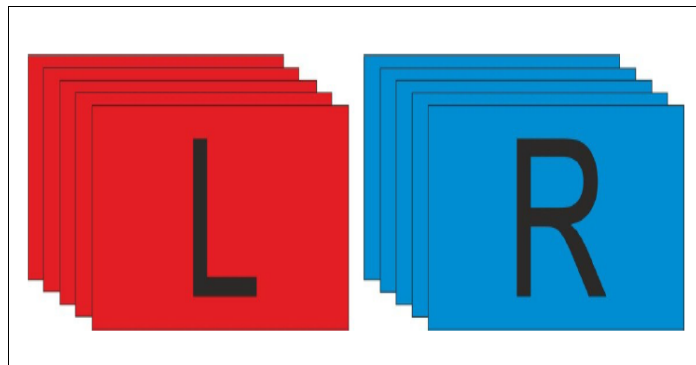


Abbildung 20: Zeitliches Multiplexing, Quelle: Stereoskopische 3D-TV-Produktion im Studio und in der Außenübertragung, Diplomarbeit Sebastian Beidatsch, 2010

Bei diesem Verfahren werden die Teilbilder seriell über ein Videostrom übertragen. Farben und Auflösung bleiben hierbei erhalten, jedoch benötigt dieses Verfahren die doppelte Übertragungsrate gegenüber dem örtlichen Multiplexing. Auch ein in der Regel sehr kostenintensives Dekodierungssystem ist hier erforderlich.

Separate Kanäle

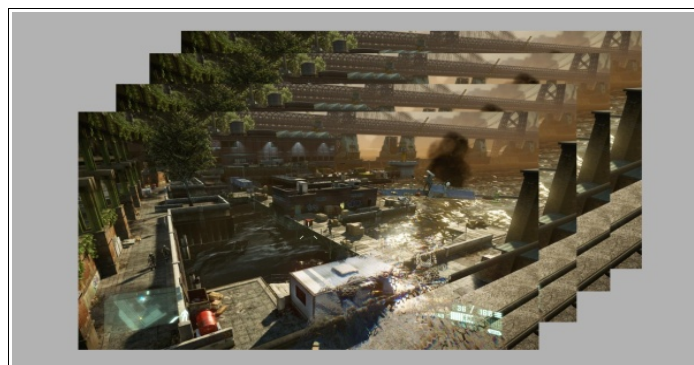


Abbildung 21: Separate Übertragung, Quelle: <http://gamestar.de>

Beide Teilbilder werden physisch voneinander getrennt übertragen. Auch hier bleiben die Farben und die Auflösung erhalten. Die Synchronisierung sollte hierbei aber exakt gewährleistet sein.

3.9 Wiedergabesysteme

Die Betrachtung stereoskopischer Aufnahmen erfordert ein System, welches die Teilbilder dem jeweiligen Auge separat darbietet. Nachfolgend werden alle zur Zeit existierenden Systeme zur Betrachtung stereoskopischer Bewegtbilder vorgestellt.

3.9.1 Farbige Anaglyphen

Wie schon im Kapitel zuvor erwähnt, bedarf es bei der Betrachtung farbiger Anaglyphen kein spezielles Wiedergabesystem. Dieses Verfahren funktioniert auch auf bedrucktem Material. Es ist lediglich eine mit entsprechenden Farbfiltern ausgestattete 3D-Brille notwendig. Wie ebenfalls im Kapitel zuvor erwähnt, eignet sich dieses Verfahren nicht für Fernseh- und Filmproduktionen.¹¹

3.9.2 Polarisationsfilter

Polarisationsfilter finden auch im Bereich der Objektiv-Technik ihre Anwendung. Allgemein gesagt, lassen diese Filter nur Licht bestimmter Schwingungsrichtungen durch. Diese Technik wird auch bei der Betrachtung stereoskopischer Bewegtbilder genutzt. Die Polarisationstechnik lässt sich für die stereoskopische Betrachtung von Projektionen als auch bei Monitoren verwenden. Es ist jedoch darauf zu achten, dass entsprechende Geräte eine hohe Lichtstärke aufweisen müssen, da durch diese Technik ein hoher Anteil des Lichtes gefiltert wird. Bei Projektionen ist darauf zu achten, dass eine speziell beschichtete Leinwand verwendet wird, die die Polarisation der Lichtes nicht wieder depolarisiert. Grundsätzlich unterscheiden sich Polarisationsfilter durch 2 Unterarten.¹¹

¹¹ (Beid10f)

Lineare Polarisations technik

Der Betrachter trägt eine Brille, mit zwei zueinander um 90° verdrehten Polarisationsfiltern. Das Licht der Teilbilder wird auf die gleiche Weise polarisiert. Auf diese Weise wird nur das Licht für das entsprechende Auge durchgelassen, wiederum das Licht für das andere Auge wird gefiltert. Nachteilig bei der linearen Polarisation ist der Neigungswinkel, der stetig eingehalten werden muss. Neigt man den Kopf zu weit nach rechts oder links verschlechtert sich die Kanaltrennung mit zunehmenden Neigungswinkel. Dieser Nachteil hört sich auf dem ersten Blick nicht so gravierend an, aber eine schief sitzende Brille oder eine gemütliche Betrachtungsposition auf der Couch kann das stereoskopische Sehen stark beeinflussen, bis hin zum völligen Verlust der stereoskopischen Wahrnehmung.¹²

Zirkulare Polarisations technik

Der oben angesprochene Nachteil wird durch eine zirkulare Polarisation egalisiert. Bei diesem Verfahren wird dem polarisiertem Licht zusätzlich eine schraubenförmige Drehrichtung verliehen. Dies wird möglich gemacht, durch eine spezielle Platte die hinter einem Polarisationsfilter angebracht wird. Die spektrale Beschaffenheit dieser Platte führt dazu, dass das Licht zirkuliert. Durch links drehende und rechts drehende Zirkulation ist die Trennung des Lichtes der beiden Teilbilder möglich.¹²

3.9.3 Shutterbrillen-Verfahren

Bei diesem aktiven und zeitsequentiellen Verfahren trägt der Betrachter eine Brille, die in der Lage ist, durch elektrische oder mechanische Elemente oder durch Flüssigkristalle für jedes Auge getrennt hell und dunkel zu schalten. Die beiden Teilbilder werden vom Wiedergabesystem abwechselnd dargestellt. Hierzu ist aber eine Bildwiederholungsrate des Monitors oder Projektors doppelt so hoch wie die Zielbildwiederholfrequenz des zu betrachtenden stereoskopischen Materials dringend erforderlich.

¹² Vgl. (Beid10f)

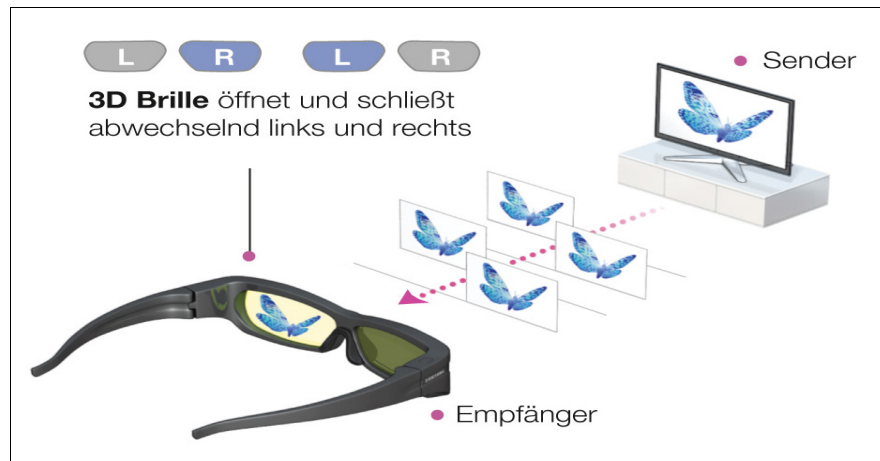


Abbildung 22: Shutterbrillen-Verfahren, Quelle: <http://chip.de>

Ansonsten kann es zu einem Flimmern oder einer Beeinflussung der stereoskopischen Wahrnehmung kommen. Wie bei 2D ist eine 50Hz Wiedergabe für ein flimmerfreies betrachten des 3D-Materials pro Auge notwendig.

Ähnlich wie bei Polarisationsverfahren wird die Helligkeit des zu betrachtenden Materials reduziert, somit sollte das Wiedergabesystem eine ausreichende Lichtstärke aufweisen.

Shutterbrillen benötigen Batterien oder Akkus, da es sich um ein aktives Verfahren handelt. Dadurch sind die Brillen im Verhältnis zu Polarisationsbrillen meist wuchtiger und schwerer und demnach nicht so angenehm zu tragen.¹³

3.9.4 Interferenzfilter

Nach dem Prinzip der additiven Farbmischung lassen sich aus den Grundfarben alle Farben eines Bildes erzeugen. Die meisten Wiedergabesysteme basieren auf der additiven Farbmischung. Durch dichroitische Filter lassen sich aus den im Farbspektrum eher breitbandige Grundfarben, schmalbandige Spektralbereiche herausfiltern.

Das Interferenzfilterverfahren verwendet dieses System ebenfalls.

¹³ Vgl. (Beid10g)

Die Wiedergabesysteme, sowie die 3D Brille werden mit diesen dichroitischen Filtern ausgestattet. Es werden nur bestimmte, äußerst schmale Spektralbändern der drei Grundfarben vom Wiedergabesystem hindurchgelassen, die wiederum selektiv von der 3D Brille für das linke und das rechte Auge aufgenommen werden.¹⁴

3.9.5 Autostereoskopie

Unter Autostereoskopie versteht man das Betrachten von 3D-Material ohne Brille.

Das wird ermöglicht durch eine Loch-oder Schlitzmaske, die dafür sorgt dass die entsprechenden Teilbilder nur von einem Auge gesehen werden.

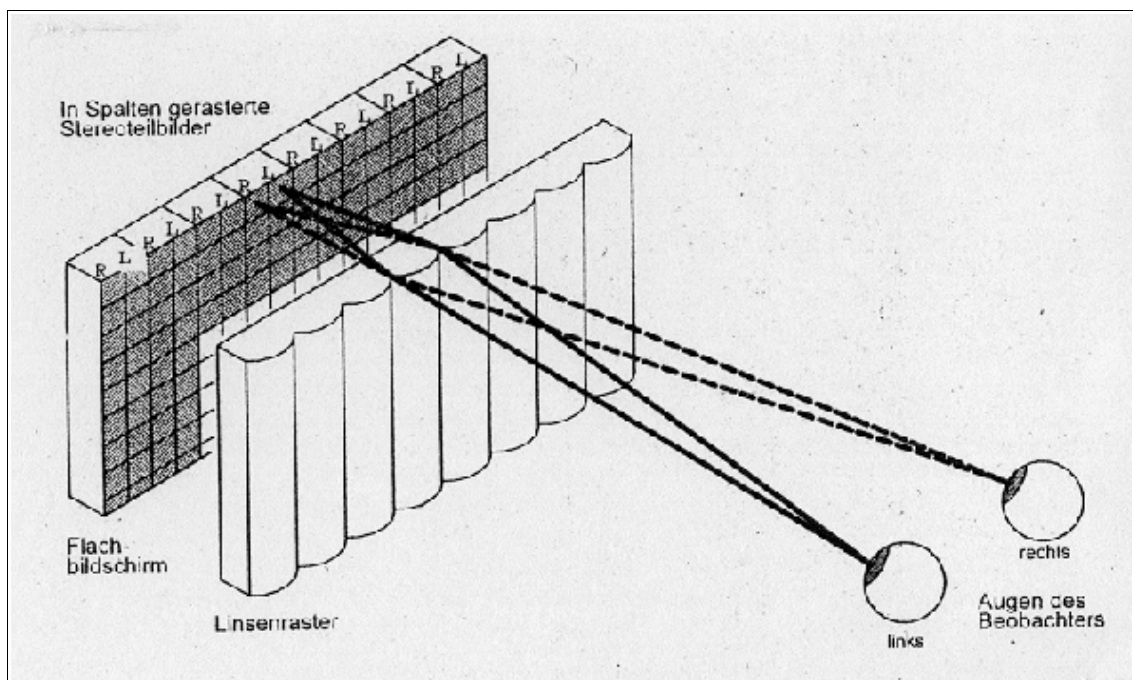


Abbildung 23: Linsenrasterverfahren, Quelle: <http://www2.cs.uni-paderborn.de>

Das Linsenraster-oder Lentikular-Verfahren verwendet eine Linsenrasterschicht um die einzelnen Pixel der Teilbilder dem jeweiligen Auge zu zuführen.

¹⁴ Vgl. (Beid10i)

Dieses Verfahren eignet sich vor allem für kleine Displays, wie z.B. Smartphones oder „Handheld“-Spielkonsolen.

Da hier meist ein immer gleicher Betrachtungsabstand zu verzeichnen ist, erhalten die Augen bei solchen Geräten beinahe immer die für sie bestimmten Bildinformationen.

Bei größeren Monitoren variiert der Betrachtungsabstand stark und auch mehrere Betrachter sind hier möglich. Die Realisierung unterschiedlicher Betrachtungsabstände und Betrachtungswinkel macht es mit der heutigen Technologie noch nicht möglich Autostereoskopie in die Wohnzimmer oder auf die Kinoleinwand zu bringen.¹⁵

¹⁵ Vgl. (Beid10j)

4 Gestaltungsaspekte

Zu aller erst sollte ein Anforderungsprofil erstellt werden. Wichtig hierbei ist zu bedenken, wie ich dem Zuschauer 3D bei einem Fußballspiel präsentieren möchte. Diese Tatsache ist jedoch eng mit dem Produktionsbudget verknüpft. Man sollte bedenken, dass für jedes 3D-Kamerasystem mit Zoom-Objektiven in der Regel und nach heutigem Stand ein Stereograph oder Konvergenzoperator von Nöten ist. Die zuzüglich entstehenden Materialkosten pro Kamerasystem sind auch nicht zu verachten. Aufgrund der Architektur eines Fußballstadions und der Größe des Spielfeldes sollte es nicht zur Diskussion stehen ob man mit Zoom-Objektiven arbeitet oder nicht. Hierbei hat man die Möglichkeit den Bildausschnitt ständig zu verändern und nah am Geschehen zu sein, ähnlich wie bei 2D.

4.1 Bildgestaltung

Um stereoskopische Probleme besser beherrschen zu können werden oft vergleichsweise kurze Brennweiten und hohe Schärfentiefen verwendet.

Wenn möglich sollte auf schnelle Bewegungen in Stereo-3D im „On“ verzichtet werden. Für den Betrachter ist es im Vergleich zu 2D schwerer zu erfassen. Kamerafahrten hingegen wirken in Stereo 3D sehr harmonisch und bieten dem Betrachter eine sehr gute räumliche Einschätzung. Objekte werden plastischer dargestellt und die Tiefe wird gut vermittelt.

Zoomfahrten wirken nur dann harmonisch wenn sie nicht zu schnell sind und der verantwortliche Stereograph die Konvergenz „live“ korrigiert.

Beim Schnitt sollte darauf geachtet werden die Schnittfrequenz, anders als bei 2D, langsamer zu gestalten. Der Betrachter benötigt eine gewisse Zeit um sich nach einem Schnitt zu orientieren, sollte diese Zeit nicht eingehalten werden so wirkt es auf die Dauer anstrengend und störend.

Die Einstellungsgröße sollte so gewählt werden, das beispielsweise ein Fußballspieler von Kopf bis Fuß dargestellt wird. Je nach Einstellung des Interaxialabstandes und der Konvergenz kann es für den Betrachter so wirken als trete der Spieler aus der Bildschirmenebene hervor. Aus diesem Grund sollten „angeschnittene“ Personen vermieden werden, da es für den Betrachter zu Irritationen kommt wenn ein „schwebender“ Oberkörper aus seinem Empfangsgerät austritt.

4.2 Positionierung der Kameras im Stadion

Einer der wichtigsten Aspekte ist die Positionierung der Kameras. Es sollte eine 3D-Kamera vorhanden sein, die eine Totale des Spielfeldes zeigt um den Zuschauer einen Überblick zu vermitteln, auch Führungskamera genannt. Diese steht meist erhöht im Oberrang eines Stadions. Sie wird in der Regel während der Liveproduktion am meisten geschnitten. Durch den meist großen Abstand der 3D-Kameras zum Objekt benötigt man nur ein Side-by-Side-Rig da der Interaxialabstand der Kameras relativ groß ist und während der Produktion nur leicht verändert wird. Die Anfangsbrennweite der Objektivpärchen sollte bei 4-5mm liegen, auch Weitwinkelobjektive genannt. Die maximale Brennweite spielt auf Grund der geringen Brennweitenveränderung keine Rolle. Gängige Weitwinkelobjektive von Canon oder Fujinon haben eine Maximalbrennweite von 40-70mm, was einem Zoomfaktor von 9-14 entspricht.

Meist wird neben der Führungskamera ein zweites 3D-Kamerasystem positioniert, dies geschieht aus zweierlei Hinsicht.

Durch geeignete Objektive ist man in der Lage nahe Einstellungen aufzunehmen um beispielsweise einen Zweikampf oder Emotionen dem Zuschauer näher zu bringen. Die hierfür verwendeten Objektive sollten einen hohen Zoomfaktor aufweisen. Sollte die Führungskamera ein technisches Problem haben, ist der Regisseur in der Lage auf diese Kamera umzuschalten. Dieser Fakt ist enorm wichtig, da die Führungskamera die am häufigsten geschnittene Kamera innerhalb einer 3D-Live-Produktion ist, deshalb sollte man speziell für diese Position eine Havariemöglichkeit bieten.

Aus dieser Tatsache heraus muss man bei der Wahl des Objektivs speziell bei 3D einen Kompromiss eingehen. Die Anfangsbrennweite darf bei diesem 3D-Kamerasystem nicht zu hoch ausfallen um im Falle eines technischen Problems der Führungskamera, das Spielfeld im vertikalen Bereich bildfüllend darzustellen.

Aufgrund der zwingend erforderlichen kompakten Bauweise eines 3D-Objektivs sind dem Zoomfaktor Grenzen gesetzt. Bei der Wahl des Objektivs sollte man darauf achten, dass die Anfangsbrennweite nicht zu hoch ist, jedoch der Zoomfaktor ausreicht nahe Einstellungen vom Spielfeld zu ermöglichen. Kompakte Objektive im „Broadcast“-Bereich haben durchschnittlich einen maximalen Zoomfaktor von 22. Spezialanfertigungen sind hier aus Kostengründen außer Acht gelassen.

Aufgrund des Abstandes zum Objekt und die erhöhte Position ist die Tiefenwahrnehmung eher gering, somit wirkt der 3D-Effekt für den Zuschauer etwas unspektakulär. Aus diesem Grund sollte in Hinblick auf die Produktionskosten und der stereoskopischen Gestaltung auf zusätzliche Kameras mit gleicher oder ähnlicher Perspektive verzichtet werden.

3D-Kamerasysteme, die relativ nahe am Spielfeld und somit nah am Objekt positioniert sind eignen sich für das stereoskopische Sehen am besten. Aufgrund des geringen Abstandes zum Objekt weisen 3D-Kamerasysteme an diesen Positionen meist einen kleinen interaxialen Abstand auf. Aus diesem Grund sollte man hier Mirror-Rigs verwenden. Um flexibel zu sein, sollte man Objektive verwenden, die eine geringe Anfangsbrennweite aber auch eine hohe Maximalbrennweite aufweisen. Ein Objektiv mit einem Zoomfaktor von 22 und 5mm Anfangsbrennweite lässt viel bildgestalterischen Spielraum. Man ist in der Lage Objekte nah am 3D-Kamerasystem bildfüllend darzustellen und kann mit Hilfe einer hohen Maximalbrennweite beispielsweise Emotionen der Zuschauer oder der Spieler dem Betrachter nahe zu bringen. Die Anzahl der verwendeten Mirror-Rigs am Spielfeld ist abhängig vom Produktionsbudget. Eine 3D-Liveproduktion lebt jedoch von den Aufnahmen dieser 3D-Kamerasysteme.

Eine Positionierung an den beiden 16m-Linien und an der Mittellinie ist sinnvoll.

Somit haben die drei 3D-Kamerasysteme das komplette Spielfeld im Blick und der Regisseur hat die Möglichkeit auf jede Situation auf dem Spielfeld stereoskopisch ansprechend zu reagieren. Optional ist eine zusätzliche Kamera auf der gegenüberliegenden Seite, also auf der anderen Seite der Handlungsachse von Vorteil. Da sie aus diesem Grund grundsätzlich nur für Wiederholungen in den Live-Schnitt eingebunden werden kann, ist die Positionierung nur bei hohem Produktionsbudget ratsam.

Für frontale Einstellungen des Torraums bzw. Strafraums ist eine Positionierung eines 3D-Kamerasystems unmittelbar neben dem Tor von Vorteil. Aufgrund der Perspektive zum Spielfeld können Strafraumszenen und Aktionen an der führungsseitigen Eckfahne durch den Regisseur besser aufgelöst werden. Der Standort hinter einem Tor ist weniger ratsam, da besonders beim stereoskopischen Sehen das Tornetz störend wirkt.

Durch die Verwendung eines Chipkamera-Rigs in Kombination mit einem Teleskopstativ kann man eine feste Einstellung hinter einem Tor durch eine Überaufsicht ermöglichen. Durch die vorherige Einstellung des Interaxialabstandes und der Konvergenz benötigt dieses 3D-Kamerasystem während der Produktion keinen Stereograph. Dem Betrachter wird ein Überblick des Strafraums verschafft. Durch die Verwendung zweier Chipkameras entstehen auch Nachteile. Das generierte Signal einer Chipkamera ist bedingt durch die kompakte Bauweise nicht so lichtstark wie herkömmliche Broadcast-Kameratechnik. Ebenso weisen diese Kamertypen eine schlechtere Farbwiedergabe sowie ein verhältnismäßig starkes Keystoning auf, welches mit einer stereoskopischen Bildprozessor kompensiert werden muss. Die verwendeten Objektive sollten eine Anfangsbrennweite aufweisen, die es ermöglicht das Tor bildfüllend darzustellen.

Wie in Kapitel 4.1 Bildgestaltung erwähnt, unterstützen Kamerafahrten die stereoskopische Wahrnehmung. Aus Sicherheitsgründen und aus Gründen des Produktionsbudgets ist es nur schwer umzusetzen 3D-Kamerasysteme auf Schienen in einem Stadion zu installieren. Es gibt jedoch ein paar Varianten dem stereoskopischen Betrachter während einer Fußballübertragung Kamerafahrten zu bieten.

Viele 3D-Rig Hersteller bieten auch eine kompakte Variante eines Mirror-Rigs an, die ermöglicht es auf ein Steadi-Kamerasystem zu installieren.



Abbildung 24: 3D-Steadicam im Einsatz, Quelle: <http://live-production.tv>

Um das Gewicht zu reduzieren, sollte man anders als auf Abbildung 24 die kompakten P1-Kameras verwenden. Eine andere Möglichkeit ist die Verwendung einer so genannten 3D-“One-Piece“-Kamera. Diese Kamera ist eher im semiprofessionellen Bereich anzutreffen, wurde jedoch auch für den 3D-Liveschnitt des UEFA Champions League Final 2012 in München eingesetzt. In dieser Kompaktkamera wurden zwei Objektive verbaut die sich zwar konvergent zueinander bewegen können, jedoch der Interaxialabstand lässt sich nicht verändern. Auch dieses System lässt sich bequem mit einem Steadi-System vereinigen. Ähnlich wie bei Chipkameras weist die Kamera eine schlechte Farbwiedergabe auf und auch die Lichtstärke ist im Vergleich zu professionellen Kameras eher gering.

Durch eine 3D-Steadicam hat man die Möglichkeit Kamerafahrten in den Live-Schnitt einzubinden. Der Bewegungsradius einer Steadicam ist innerhalb des Stadions sehr flexibel. Beispielsweise kann man sich vor dem Spiel beim Einlauf der Mannschaften aktiv in das Geschehen einklinken und während des Spiels an der 16m-Linie eine Schienenfahrt simulieren.

Bei Verwendung eines solchen Systems kann dieses ein statisches Mirror-Rig ersetzen, beispielsweise an einer der 16m-Linien Position. Man sollte darauf achten sehr weitwinklige Objektive in Verbindung mit einer Steadicam zu verwenden. Der Abstand zum Objekt kann zum Teil nur einen Meter betragen.

Eine zweite Möglichkeit Bewegungen in die Kamerainfrastruktur zu bringen, ist die Verwendung einer 3D-Krankamera. Die kompakten 3D-Rigs, die bei Steadicams zum Einsatz kommen können auch für eine Krankonstruktion verwendet werden. Eine ideale Position für einen 3D-Kran ist hinter dem Tor. Man hat die Möglichkeit über das Tor und sehr nah am Spielfeld zu schwenken. Dem stereoskopischen Betrachter suggerieren diese Kamerafahrten, dass er dem Spiel aktiv beiwohnt. Außerdem ersetzt ein 3D-Kran die Position eines Chipkamera-Rigs hinter dem Tor, da die Perspektive ohne Weiteres vom Kran eingenommen werden kann.



Abbildung 25: Polecam mit Chipkamera-Rig, Quelle: <http://live-production.tv>

Um Material- und Personalkosten zu sparen wird häufig eine so genannte Polecam (Leichtbaukran) verwendet (siehe Abbildung 25). Diese besondere Krankonstruktion ermöglicht die Installation eines Chipkamera-Rigs und bietet nahezu den gleichen Bewegungsradius eines 3D-Krans.

In der Abbildung 26 ist eine 3D Kamerainfrastruktur skizziert, wie sie in 3D-Live-Produktionen zum Einsatz kommt. Für die Kamera 1 und 2 werden wie vorweg beschrieben, Side-by-Side-Rigs verwendet. Die Kamera 3 ist als statisches Mirror-Rig an der linken 16m-Linie positioniert. Für die Kamera 4 auf der rechten 16m Linie wurde ein Steadi-Mirror-Rig positioniert. Die Kamera 5 wurde mit einem Polecam-System und einem Chipkamera-Rig ausgestattet.

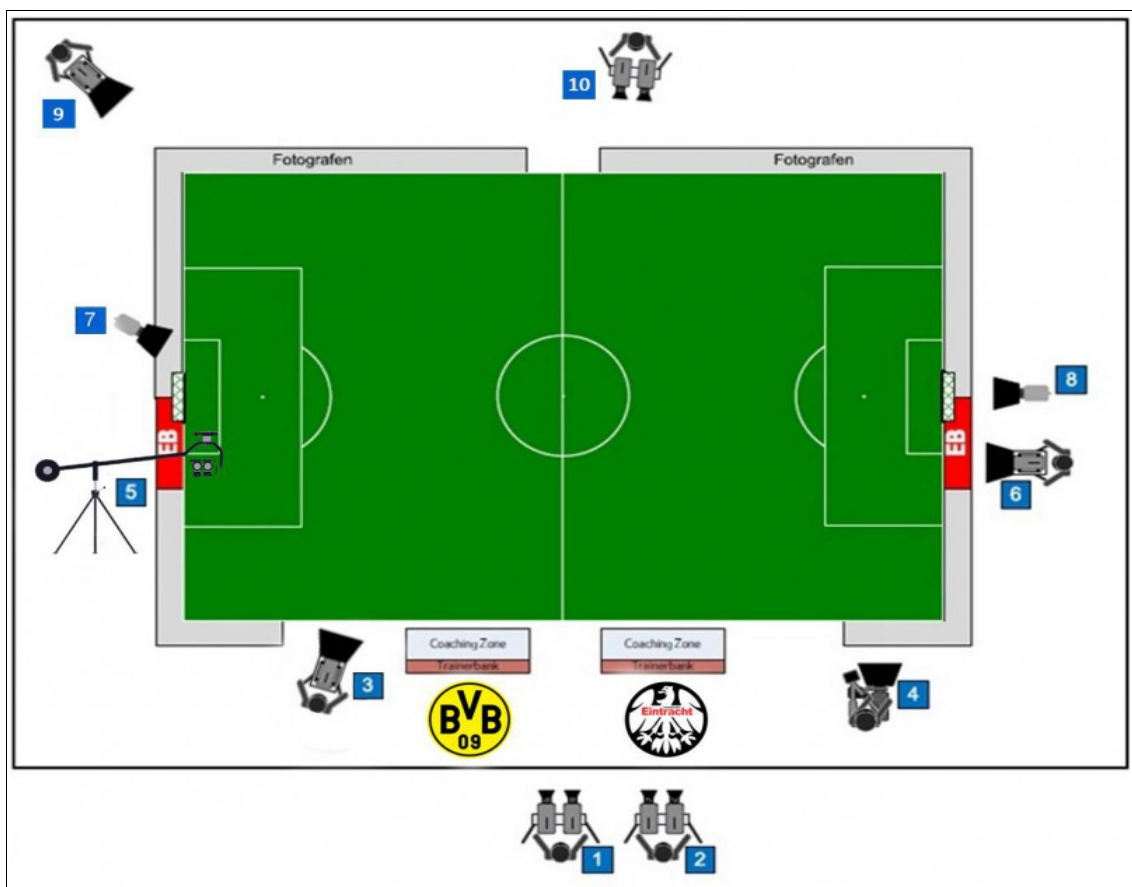


Abbildung 26: 3D Kamerainfrastruktur einer Fußballübertragung, Quelle: <http://sportcast.de>

Kamera 6 befindet sich auf der rechten Seite neben dem Tor und basiert auf einem Mirror-Rig. Die Kamera 7 (Chipkamera-Rig) steht auf der linken Seite links neben dem Tor, also auf der gegenüberliegenden Handlungsachse. Kamera 8 ist ebenfalls ein Chipkamera-Rig und ist hinter dem rechten Tor als Überaufsicht positioniert. Ebenfalls auf der gegenüberliegenden Seite der Handlungsachse, leicht erhöht, befindet sich an der Eckfahne ein Mirror-Rig (Kamera 9) sowie ein Side-by-Side-Rig mit der Kameranummer 10.

Die Kameras 7,9 und 10 werden als Slowmotion- bzw. Wiederholungskameras verwendet um Szenen, die sich nahe an der gegenüber liegenden Seite abspielen, nachträglich in Bildern aufzulösen. Speziell Kamera 7 wurde auf die gegenüberliegende Seite versetzt, da die Kamera 5 die Perspektive hinter dem Tor durch ihren Bewegungsradius einnehmen kann, wenn der Regisseur es wünscht.

5 Workflow einer 3D-Liveproduktion

In diesem Kapitel wird beschrieben welche Handgriffe vor und während der Produktion nötig sind um einen reibungslosen Ablauf zu gewährleisten. Unterteilt wird der Ablauf in die einzelnen Gewerke.

5.1 Technischer Leiter/ Übertragungswagenleiter

Der Technische Leiter ist gewissermaßen die Schaltzentrale zwischen Produktion und Redaktion. Am Produktionstag wird der 3D-Übertragungswagen von ihm in Betrieb genommen. Danach erfolgt die Konfiguration der Geräte, wie z.B. CCU's, Bildmischer und Videoserver. Der Technische Leiter sollte auch den zeitlichen Ablauf vor der Produktion im Blick haben und gegebenenfalls einschreiten. Technische Probleme innerhalb des Ü-Wagens werden von ihm bearbeitet. Während der Produktion hat seine Position eher überwachenden Charakter. Das Sendesignal sollte von ihm ständig kontrolliert werden. Da in der Regel bei Fußball-Live-Übertragungen aus Kostengründen auf einen Bildingenieur verzichtet wird, sollte er ebenfalls die Arbeit des 3D-Bildtechnikers unterstützen.

5.2 3D-Bildtechniker

Vor der Produktion ist die Aufgabe des 3D-Bildtechnikers die Kommunikation, das Auflagemaß und Rotlicht an den Kameras zu prüfen. Dies geschieht zusammen mit dem Stereograph/3D-Techniker des jeweiligen 3D-Kamerasystems. Danach gleicht er die Blenden der jeweiligen Kamerapärchen aufeinander ab. Anschließend steht das Matching an. Alle Kameras, die in der Produktion eingebunden sind, werden farblich aufeinander abgeglichen. Ein erster Abgleich erfolgt am Anfang des Produktionstages, jedoch sollte ein finales Matching erst kurz vor Sendebeginn erfolgen, da sich die Farbtemperatur im Laufe des Tages ändert, sei es im zeitlichen Kontext oder durch Witterungsverhältnisse.

Während der Produktion muss in jedem Fall die Blende aller 3D Kamerasysteme korrigiert werden und gegebenenfalls auch der Schwarzwert und die Farbe.

5.3 Stereograph/ 3D-Techniker

Die erste Aufgabe am Produktionstag ist der Aufbau und die Inbetriebnahme seines 3D-Kamerasystems. Da jedes Kamera-Rig mit Zoom-Objektiven und fernsteuerbaren interaxialen Abstand und Konvergenz einen Stereograph erfordert, baut dieser auch sein System auf und justiert es anschließend. Nach der Inbetriebnahme wird die Kommunikation, Auflagemaß und Rotlicht mit dem 3D-Bildtechniker geprüft. Danach wird die Synchronisierung des Fokus und der Brennweite der Objektive untereinander abgeglichen. Dies geschieht mit Hilfe eines Differenzbildes der beiden Kameras, das auf den Sucher der Kamera geschaltet werden kann.



Abbildung 27: Stereograph beim Justieren eines Side-by-Side-Rigs,
Quelle: <http://live-production.tv>

Sollte der Stereograph mit einem Mirror-Rig arbeiten, muss der Spiegel gründlich vom Staub oder Dreck befreit werden, da kleinste Partikel durch Lichtreflexionen sichtbar werden und beim stereoskopischen Sehen störend wirken. Nun erfolgt die Justage des Spiegels. Der Stereographer vergleicht durch den Sucher den vertikalen Versatz zwischen nächstem und entferntesten Objekt.

Ist kein vertikaler Versatz zu sehen oder ist er nah wie fern gleich, dann befindet sich der Spiegel in der richtigen Position und kann mit den zugehörigen Schrauben fixiert werden. Ansonsten muss der Spiegel durch die Einstellschrauben im Neigungswinkel verändert werden.

Sind alle oben genannten Arbeitsschritte korrekt ausgeführt kann die Kommunikation mit dem Supervisor aufgenommen werden um ein „Optical Alignment“ durchzuführen. Bei diesem Arbeitsschritt muss der Stereograph ein Motiv suchen, welches einem Kreuz ähnelt und scharfkantig ist. Im besten Falle benutzt man eine spezielle 3D Tafel. Auf Ansage des Supervisors werden nun beide Kameras abwechselnd behutsam herausgezoomt.

Wenn das Optical Allignement abgeschlossen ist wird der Sucher des 3D-Kamerasystems auf den MPE Ausgang geschaltet. Dieser wird über einen Return-Weg der CCU an den HDFA geschickt. Der Stereograph hat nun das korrigierte Signal der MPE auf seinem Sucher und kann jetzt das 3D-Rig justieren. Bei diesem Vorgang sollte der interaxiale Abstand der Kameras so gering wie möglich sein, damit nur wenige Verzerrungen entstehen. Der mechanische Abgleich der Kameras untereinander erfolgt durch das Verändern des „Roll“ und „Tilt“ (siehe Abbildung 5). Nachdem der Abgleich abgeschlossen ist wird die „bewegliche“ Kamera mit vier Schrauben fixiert. Die Justage sollte sich im besten Fall während der Produktion nicht verändern. Danach erfolgt eine erneute Kommunikation und die Abnahme des 3D-Kamerasystems mit dem 3D-Supervisor. Die Fernsteuerung wird in diesem Arbeitsschritt ebenfalls konfiguriert und geprüft.

Zu einem festgelegten Zeitpunkt am Produktionstag erfolgt ein Infrastrukturtest, bei dem alle technischen Gewerke beteiligt sind. Im Zuge dessen wird auch eine Links-Rechts Identifikation vorgenommen. Diese erfolgt durch die Aktivierung des Extenders (Verdoppler) am linken Objektiv des Kamerasystems durch den Stereograph. Der 3D-Supervisor und der Technische Leiter prüfen nun ob alle produktionsrelevanten Systeme innerhalb des Übertragungswagens die korrekte Beschaltung der links-rechts-Signale aufweisen. Der Stereograph prüft zudem ob alle Return-Bilder an seinem System korrekt sind.

Während der technischen Probe und der Live-Sendung befindet sich der Stereograph an seinem Konvergenzarbeitsplatz und steuert den Interaxialabstand und Konvergenz.



Abbildung 28: Arbeitsplatz eines Stereographen, Quelle: <http://live-production.tv>

Nach der Live-Übertragung wird das 3D-Kamerasystem vom Stereograph abgebaut, verpackt und verstaut.

5.4 3D-Supervisor

Der 3D-Supervisor ist verantwortlich für die stereoskopischen Rahmenbedingungen, wie z.B. Disparität, die durch die Sendeanstalt auferlegt sind.

Am Produktionstag richtet der 3D Supervisor die Stereographenarbeitsplätze ein. Dazu nimmt er alle produktionsrelevanten MPE's in Betrieb und startet die Laptop/PC's mit der Oberflächensoftware. Die Software wird gegebenenfalls von ihm konfiguriert. Danach führt er ein „Optical Allignment“ mit allen 3D-Kamerasystemen in Kommunikation mit dem Stereograph durch.

Während der technische Probe und der Live-Sendung hat die Position des 3D-Supervisors überwachenden Charakter. Die Kommunikation zwischen Regie und der Stereographie erfolgt durch ihn. Er entscheidet was zu tun ist, wenn ein 3D-Kamerasystem ein technisches Problem aufweist.

Wenn ein vertikaler Versatz auftritt, der beispielsweise durch einen Balltreffer verursacht wurde, muss er entscheiden ob es ausreicht diesen Versatz mit der MPE zu korrigieren oder das 3D-System temporär aus dem Live-Schnitt zu nehmen, damit das 3D- Rig durch den Stereograph nachjustiert werden kann.

5.5 Aufnahmeleitung

Die Aufnahmeleitung erstellt im Planungszeitraum der Live-Produktion eine Disposition. Diese beinhaltet z.B die Stabliste sowie die zeitliche Abfolge am Produktionstag. Vor und während des Produktionstages schafft er die Rahmenbedingungen für einen korrekten Arbeitsablauf der einzelnen Gewerke. Er organisiert einen Stellplatz des Übertragungswagens und erstellt den zeitlichen Ablauf in Absprache mit dem technischen Dienstleister und der Regie. Des Weiteren steht er im ständigen Kontakt mit dem Stadionverantwortlichen um beispielsweise den Stereographen den Zugang zu den einzelnen Kameraposition zu verschaffen. Während der Live-Übertragung hat seine Position einen überwachenden Charakter.

5.6 Regisseur

Am Produktionstag trifft der Regisseur circa eine Stunden vor der technischen Probe zusammen mit den Kameramännern bzw. Kamerafrauen und den Slow-Motion-Operatoren ein. Vor der technischen Probe findet eine Besprechung unter der Leitung des Regisseurs statt. Hier wird kurz der Produktionsablauf und die besonderen Anforderungen an einen stereoskopischen Live-Schnitt besprochen. Während der technischen Probe und der Live-Übertragung bedient er den Bildmischer und gestaltet unter Anwendung der Bildgestaltung in der Stereoskopie (siehe 4.1. Bildgestaltung) den Live-Schnitt. Er steht im ständigen Kontakt zu den Kameramännern/frauen und den Slow-Motion-Operatoren.

Seine Anweisungen an die Gewerke müssen unmissverständlich und kurz artikuliert sein um einen reibungslosen Ablauf zu gewährleisten. Bei technischen Problemen bekommt er die Information von dem entsprechenden Gewerk und muss darauf nachvollziehbar reagieren.



Abbildung 29: Regisseur an seinem Arbeitsplatz, Quelle: <http://live-production.tv>

Nach Beendigung des Live-Übertragung findet unter seiner Leitung eine Abschlussbesprechung statt. Dort werden eventuelle Probleme während der Produktion besprochen.

5.7 Kameramänner/frauen

Zusammen mit dem Regisseur und den Slow-Motion-Operatoren treffen sie circa eine Stunde vor der technischen Probe am Produktionsort ein und nehmen an der Besprechung teil.

Während der technischen Probe und der Live-Übertragung bedienen sie das 3D-Kamerasystem. Sie sind dabei nicht befugt Änderungen an der Justage des Rigs vorzunehmen. Sollte es mechanisches oder technisches Problem geben, dann melden sie es dem Regisseur der es dem entsprechenden Gewerk weiterleitet.

Der Kamerasucher ist so eingestellt, dass sie das Kamerabild in 2D sehen. Dies wird durch eine Konfiguration vor der technischen Probe durch den Stereograph vorgenommen. Dieser schaltet dem Kameramann/frau eines der beiden Stereokamerapärchen auf den Sucher mit Hilfe des HDFA.



Abbildung 30: Kameramann bei der Arbeit , Quelle: <http://film-tv-video.de>

Er ist dem Regisseur generell weisungsgebunden, kann aber auch Bildausschnitte, Zoomfahrten etc. für den Live-Schnitt anbieten.

5.8 Slow-Motion-Operatoren

Zusammen mit dem Regisseur und den Kameramännern/frauen treffen sie circa eine Stunde vor der technischen Probe ein und nehmen an der Besprechung teil.



Abbildung 31: Slow-Motion-Operator bei der Arbeit , Quelle: <http://live-production.tv>

Danach überprüfen sie ihren Arbeitsplatz und sprechen technische Problemen und Unklarheiten mit dem Technischen Leiter ab.

Während der technischen Probe und der Live-Übertragung erstellen sie Bildmaterial als Wiederholungen oder Slow-Motion-Sequenzen der einzelnen 3D-Kamerasysteme. Sie weisen den Regisseur darauf hin, dass sie eine im Kontext passende Sequenz bereit gelegt haben, die er in den Live-Schnitt einbinden kann. Sie müssen schnell erfassen welche Szene relevant für den Zuschauer ist um den Regisseur dahin gehend zu entlasten. Dieser vertraut dabei vollständig auf die Aussagen des Slow-Motion-Operators und schneidet die Sequenzen in den Live-Schnitt ohne vorherige Kontrolle, die aus Zeitgründen nicht möglich ist.

Nach der Produktion nehmen sie an der Abschlussbesprechung teil.

6 Optimierungsmöglichkeiten für die Zukunft

Die erste 3D Live-Produktion in Deutschland fand Anfang 2010 als 3D-HD-Live-Übertragung eines Fußballspiel statt. Seit dieser Zeit wurde in den einzelnen Arbeitsabläufen, bei der Personalplanung und der Wirtschaftlichkeit viel optimiert. Durch die ständig fortschreitenden Weiterentwicklungen im 3D Bereich hat man sicherlich noch nicht alle Optimierungsmöglichkeiten ausgeschöpft. Dieses Kapitel soll einen Ausblick geben, wie man heutzutage und auch in Zukunft 3D wirtschaftlicher und für den Betrachter leichter zugänglich produzieren kann.

6.1 Kameratechnik

Der Aufbau und Justage eines Zwei-Kamera-3D-Systems kostet viel Zeit, so dass oftmals 3D Produktionen nicht ohne einen Aufbau-tag disponiert werden können. Die Materialkosten sind ebenfalls im Verhältnis zu 2D-Produktionen sehr hoch. Durch die Verwendung einer 3D-“One-Piece“-Kamera kann man die Wirtschaftlichkeit unter bestimmten Voraussetzungen verbessern. Die PMW TD-300 gehört zur Kategorie der 3D-“One-Piece“-Kamera und kam bei 3D-Live-Produktionen beispielsweise beim Champions League Finale 2012 in München zu Einsatz.



Abbildung 32: PMW TD-300 von Sony, Quelle:
<http://urbanfoxtv.blogspot.de>

Dieses System bietet die Möglichkeit die Konvergenz mechanisch über die MPE-200 fernzusteuern. Das Optical-Alignment muss nicht mehr zwangsläufig durch die MPE erfolgen. Der Stereograph hat die Möglichkeit gewisse Unterschiede im Zoomverlauf in einem Menüpunkt der Kamera zu editieren. Dieses Verfahren hat sich insbesondere beim Champions League Finale 2012 bewährt.

Die verwendete Technologie weist jedoch einige Nachteile auf. Die verbauten Chipsensoren sind weniger lichtempfindlich als bei der übliche Broadcast-Kameratechnik. Die Kamera ist nicht modular aufgebaut. Objektive können nicht getauscht werden, welches den Anwendungsbereich stark einschränkt. Durch die fehlende Funktion, auch bedingt durch die kompakte Bauweise, den Interaxialabstand zu variieren ist man ebenfalls stereoskopisch stark eingeschränkt. Disparitätsvorgaben durch die Sendeanstalt können mit diesem System nur schwer realisiert werden.

Die Grundidee wird sich aller Voraussicht nach in der Zukunft durchsetzen, wenn die oben genannten Nachteile optimiert werden.

Bei 2D-Produktionen werden oftmals Drahtlossysteme für Steadi-oder Handkameras verwendet um eine höchst mögliche Flexibilität im Bewegungsradius zu erreichen. Seit einiger Zeit bieten diverse Firmen Drahtlossysteme an, die eine stabile 3Gigabit Bandbreite gewährleisten. Das linke und rechte HD1080/50i-Kamerasignal kann somit drahtlos an einen Empfänger übertragen werden, der das Signal zum Übertragungswagen weiterleitet. Es muss jedoch die Möglichkeit geschaffen werden das Steuersignal des 3D-Rigs in die Telemetrieübertragung einzubetten.

In naher Zukunft werden 3D-Drahtlosübertragungen in einer 3D-Liveproduktion Anwendung finden.

6.2 Stereographie

Aktuell werden bei einer Live-Produktion für jedes 3D-Kamerasystem ein Stereograph disponiert, hinzu kommt ein 3D-Supervisor.

Die MPE-200 bietet in der Oberflächensoftware eine „Auto-Convergence“-Funktion an, dessen Logarithmus beide Bildsignale analysiert und auf das nahe Objekt konvergiert und den Hintergrund je nach Konfiguration adäquat anpasst. Bei 3D-Liveproduktionen kommt dieser Logarithmus jedoch selten bis nie zur Anwendung. Die subjektive Wahrnehmung wird vom Logarithmus nicht bedacht, somit kann er von inhaltlich wichtigen Objekten zu unwichtigen nicht unterscheiden. Ein Stereograph kann durch Erfahrungswerte besser auf Situationen reagieren und gestalterisch einwirken.

In ferner Zukunft wird eventuell durch spezielle Analysesoftware und einer Optimierung des „Auto-Convergence“-Logarithmus die Position des Stereographen unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit wegfallen.

6.3 4K-Technologie

Durch die Einführung der 4K-Technologie bieten sich auch Möglichkeiten den Workflow einer 3D-Live-Produktion zu optimieren.

Die Verwendung eines 3D-Rigs, durch physische Veränderung der stereoskopisch wichtigen Parameter, hat meist den Grund die HD-Auflösung während einer 3D-Liveübertragung zu erhalten. Die Steuerung der Konvergenz und des Interaxialabstandes, sowie alle anderen Parameter wie z.B. „Roll“ und „Tilt“ können elektronisch ebenso in der MPE vorgenommen werden. Ein nicht sendefähiger Auflösungsverlust geht damit jedoch einher, da die beiden Kamerasignale durch eine elektronische Verschiebung insbesondere vertikal stark zugeschnitten werden. Durch die Verwendung zweier 4K-Bildsignale als Ausgangsformat kann ein HD-Sendesignal gewährleistet werden.

In der Abbildung wird deutlich, dass ein HD1080/50i Signal ein Viertel der 4K-Auflösung aufweist, somit gewährt 4K im Zuschnitt durch stereoskopische Parameter einen großen Handlungsspielraum

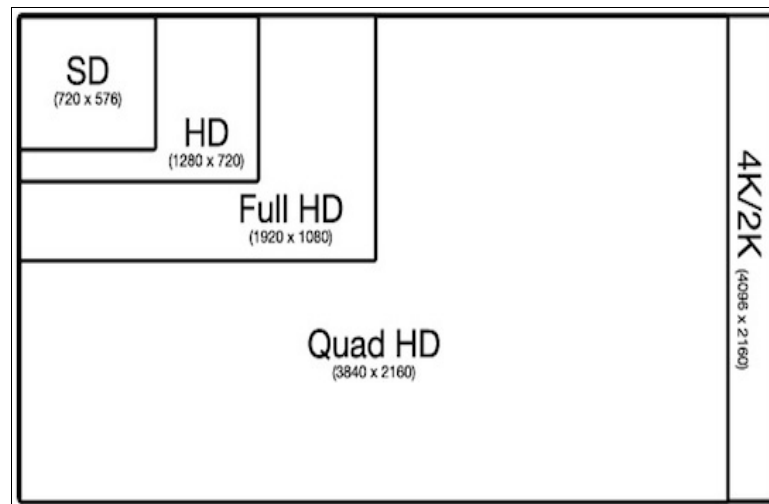


Abbildung 33: Verhältnismäßigkeiten der gängigen Bildformate, Quelle:
<http://i-cdn.apartmenttherapy.com>

Eine andere Variante die 4K-Technologie für 3D Liveproduktion zu nutzen, ist das so genannte „Stitching“. Dieses Verfahren ermöglicht es in einem 4K-Bildsignal virtuell zu schwenken und zu zoomen und dabei mit einer HD-Auflösung zu produzieren. Durch die Verwendung sehr weitwinkliger Objektive, die es ermöglichen das gesamte Spielfeld darzustellen, kann man an Stelle einer horizontal und vertikal schwenkbaren Führungskamera ein statisches 3D-4K-Kamerasystem positionieren. Dieses System erfordert somit keinen Kameramann/frau, da man ein HD1080/50i Signal innerhalb eines 4K-Signals elektronisch schwenken und zoomen kann.

Mit diesem System ist man jedoch auch sehr eingeschränkt hinsichtlich der Bewegungsfreiheit eines HD1080/50i Signals in einem 4K-Signal. Zudem bedarf es eines „Stitching“-Operators, der ständig den Bildausschnitt dem Spielgeschehen anpasst.

6.4 Wiedergabesysteme

Heutzutage ist das stereoskopische Betrachten von 3D-Material an den heimischen Wiedergabesystemen nur mit einer 3D-Brille mit Polarisationsfilter oder dem Shutter-Verfahren möglich. Potentielle Konsumenten empfinden es als oft als störend.

Die Entwicklung autostereoskopischer Wiedergabesysteme ist so weit fortgeschritten, dass 3D einem Betrachter ohne 3D-Brille möglich ist. Im Laufe der letzten Jahre wurde auf verschiedene Fachmessen solche Prototypen vorgestellt. Aufgrund der genauen Einhaltung des Betrachtungswinkels sind zusätzliche Betrachter nach heutigem Stand nicht möglich. Diese Technologie ist noch sehr ausbaufähig, des Weiteren sind solche Autosteroskopiesysteme für eine breite Masse an Konsumenten noch zu kostspielig.

Es ist anzunehmen, dass in den nächsten Jahren ein technischer Durchbruch erfolgt und in der Zeit danach die Verbreitung solcher Systeme stark zunimmt. 3D wird dann einen breiteren Markt erreichen können, welches sich auch auf die Vielfältigkeit der Produktionen und dem Produktionsbudget auswirken wird.

7 Fazit

Stereoskopisches 3D-TV erfuhr seit der Einführung 2010 einen stetigen Rückgang der öffentlichen Wahrnehmung. Während zwischen 2010 und Mitte 2012 jedes Wochenende am Samstag oder Sonntag eine 3D-Liveproduktion realisiert wurde, wird seit Mitte 2012 nur noch durchschnittlich ein Mal im Monat ein Fußballspiel in 3D produziert.

Die Gründe dafür liegen auf der Hand. Sicherlich hat es der Sender Sky verpasst konstant mit diesem Produkt zu werben, jedoch wurde bisher, bis auf wenige Ausnahmen durch ARTE, auch kein Versuch der Öffentlich-Rechtlichen Sendeanstalten unternommen Stereo 3D-TV in ihr Programm einzubinden. 3D-Live-Produktionen werden somit seit 2010 einer verhältnismäßig kleinen Gruppe angeboten. Abonnenten des Pay-TV Senders Sky und T-Home haben die Möglichkeit Stereo 3D unter Live-Bedingungen vor ihren heimischen Empfangsgeräten zu betrachten. Die Verbreitung der erforderlichen Technik hat in den letzten Jahren hingegen stetig zugenommen und die Tendenz ist steigend. 3D-Liveproduktionen werden mit Sicherheit einen Aufschwung erfahren wenn man eine breite Masse den Zutritt gewährt.

Ein interessanter Markt für 3D-Live-Produktionen könnte auch die Übertragung oder Aufzeichnung von Konzerten oder anderen musikalischen Veranstaltung sein. Man hat die Möglichkeit anders als bei Fußballübertragungen das 3D-Material zweifach zu verwerten. 3D-Konzerte können den Sendeanstalten sowie auch einer Verleihfirma angeboten werden, die das Material als 3D-BluRay vertreibt. Eine Ausstrahlung im Kino ist ebenfalls denkbar. Ein Beispiel hierfür ist das 3D Konzert der „Fantastischen Vier“, welches in vielen Kinos deutschlandweit ausgestrahlt wurde.

Eine weitere Problematik sind die hohen Kosten, die durch eine 3D-Liveproduktion entstehen. Da der Marktanteil im Vergleich zu 2D Fußball-Liveübertragungen sehr gering ist, die Kosten jedoch sehr hoch, muss man eventuell den Produktionsablauf und die verwendete Technologie hinterfragen und Optionen aufzeigen.

Durch die 4K-Technologie beispielsweise bieten sich viele Optimierungsmöglichkeiten für die Zukunft in Hinblick auf Kosten- und Personaleinsparungen.

Einen Fakt gilt es aber nicht außer Acht zu lassen. Die Technologie der Wiedergabesysteme im Konsumentenbereich lässt es nach heutigem Stand nicht zu 3D ohne eine Brille mit Polarisationsfilter oder Shutter-Verfahren zu betrachten. Für viele potentielle Zuschauer ist dieser Fakt abschreckend, da hier in die heimischen Fernsehgewohnheiten eingegriffen wird. Wiederum sind Konsumenten dazu bereit im Kino 3D-Filme mit einer Brille zu betrachten und dafür noch extra zu zahlen. Das lässt eventuell auch auf ein Desinteresse der potentiellen Kunden auf den momentan bereit gestellten Inhalt deuten. In absehbarer Zeit ist davon auszugehen, dass adäquate Wiedergabesysteme auf den Markt kommen die eine ansehnliche Autostereoskopie bieten. Sicherlich wird danach eine gewisse Zeit vergehen bis die Verbreitung solcher Geräte so weit fortgeschritten ist, dass es sich für die Sendeanstalten lohnt mehr bzw. überhaupt 3D-Live-Material zu produzieren.

Stereo 3D entwickelt sich langsam aber stetig von der „Innovation für TV Übertragungen“ zu einem Nischenprogramm innerhalb der Fernsehkultur. Kurzfristig wird sich das aller Voraussicht nach nicht ändern lassen. Mittel- und langfristig deutet der technologische Fortschritt einen Tendenz in positive Richtung an, vorausgesetzt die Sendeanstalten folgen diesem.

Literaturverzeichnis

Internetseiten:

(Sky10a): Sky Deutschland schreibt TV Geschichte, abgerufen am 01.07.2013, info.sky.de/inhalt/de/medienzentrum_news_uk_04032010.jsp

Bücher:

(Tau10a): Tauer, Holger, Schiele & Schön, 2010, Seite: 20f

(Tau10b): Tauer, Holger, Schiele & Schön, 2010, Seite: 21

(Tau10c): Tauer, Holger, Schiele & Schön, 2010, Seite: 20f

(Tau10d): Tauer, Holger, Schiele & Schön, 2010, Seite: 31

Diplomarbeiten:

(Beid10a): Beidatsch, Sebastian, 2010, Diplomarbeit, Stereoskopische 3D-TV-Produktion im Studio und in der Außenübertragung, Seite: 33

(Beid10b): Beidatsch, Sebastian, 2010, Diplomarbeit, Stereoskopische 3D-TV-Produktion im Studio und in der Außenübertragung, Seite: 34f

(Beid10c): Beidatsch, Sebastian, 2010, Diplomarbeit, Stereoskopische 3D-TV-Produktion im Studio und in der Außenübertragung, Seite: 34

(Beid10d): Beidatsch, Sebastian, 2010, Diplomarbeit, Stereoskopische 3D-TV-Produktion im Studio und in der Außenübertragung, Seite: 34

(Beid10e): Beidatsch, Sebastian, 2010, Diplomarbeit, Stereoskopische 3D-TV-Produktion im Studio und in der Außenübertragung, Seite: 34f

(Beid10f): Beidatsch, Sebastian, 2010, Diplomarbeit, Stereoskopische 3D-TV-Produktion im Studio und in der Außenübertragung, Seite: 37

(Beid10g): Beidatsch, Sebastian, 2010, Diplomarbeit, Stereoskopische 3D-TV-Produktion im Studio und in der Außenübertragung, Seite: 38f

(Beid10h): Beidatsch, Sebastian, 2010, Diplomarbeit, Stereoskopische 3D-TV-Produktion im Studio und in der Außenübertragung, Seite: 39f

(Beid10i): Beidatsch, Sebastian, 2010, Diplomarbeit, Stereoskopische 3D-TV-Produktion im Studio und in der Außenübertragung, Seite: 39f

(Beid10j): Beidatsch, Sebastian, 2010, Diplomarbeit, Stereoskopische 3D-TV-Produktion im Studio und in der Außenübertragung, Seite: 40f

Eigenständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe. Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht. Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Ort, den TT. Monat JJJJ

Vorname Nachname